

70
20

CIBERNÉTICA E SOCIEDADE

O uso humano de sêres humanos

VANGUARDA 19

ENTROPIA: MEDIDA DE 21
DESORGANIZACIÓN

NORBERT WIENER
*Professor de Matemática do Instituto
de Tecnologia de Massachusetts (M. I. T.)*

CIBERNÉTICA
E
SOCIEDADE

O USO HUMANO
DE SÊRES HUMANOS

Tradução de
JOSÉ PAULO PAES

2.ª edição



EDITORA CULTRIX
SÃO PAULO

Título do original:

THE HUMAN USE OF HUMAN BEINGS

Publicado nos Estados Unidos da América
por Houghton Mifflin Company, em 1950.
Esta tradução foi feita a partir do texto
revisado pelo autor (1954).

Copyright 1950, 1954, by Norbert Wiener

MCMLXVIII 1968

Direitos Reservados
EDITORA CULTRIX LTDA.
Praça Almeida Jr., 100, fone 37-8551

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

ÍNDICE

	PÁG.
<i>Prefácio</i> — A IDÉIA DE UM UNIVERSO CONTINGENTE	9
I — A CIBERNÉTICA NA HISTÓRIA	15
II — PROGRESSO E ENTROPIA	28
III — RIGIDEZ E APRENDIZAGEM: DOIS PADRÕES DO COMPORTAMENTO COMUNICATIVO	48
IV — O MECANISMO E A HISTÓRIA DA LINGUAGEM	73
V — A ORGANIZAÇÃO COMO MENSAGEM	94
VI — LEI E COMUNICAÇÃO	104
VII — COMUNICAÇÃO, SIGILO E POLÍTICA SOCIAL	111
VIII — O PAPEL DO INTELECTUAL E DO CIENTISTA	129
IX — A PRIMEIRA E A SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	134
X — ALGUMAS MÁQUINAS DE COMUNICAÇÃO E SEU FUTURO	161
XI — LINGUAGEM, CONFUSÃO E OBSTRUÇÃO	184



À memória de meu pai, LEO WIENER, antigo professor de línguas eslavas na Universidade de Harvard, meu mais íntimo mentor e meu mais querido antagonista.

AGRADECIMENTOS

Parte de um capítulo já foi divulgada em *Philosophy of Science*. O autor agradece a permissão que o redator-chefe dessa publicação lhe concedeu para que republicasse o referido texto.

CONTINGÊNCIA X
DETERMINISMO

| P. 13 |

PREFÁCIO

A IDÉIA DE UM UNIVERSO CONTINGENTE

Os primórdios do século XX assinalaram mais que o fim de um período de cem anos e o início de outro. Houve efetiva mudança de ponto de vista mesmo antes que fizéssemos a transição política de um século dominado, no geral, pela paz, para o meio século de guerra que estivemos a viver. Isso se tornou talvez manifesto primeiramente na Ciência, embora seja muito possível que o que quer que tenha afetado a Ciência conduzisse, independentemente, àquela acentuada ruptura que constatamos existir entre as artes e a literatura do século XIX e do século XX.

A Física newtoniana, que dominara de fins do século XVII até fins do século XIX, com raríssimas vozes discrepantes descrevia um universo em que tudo acontecia precisamente de acôrdo com a lei; um universo compacto, cerradamente organizado, no qual todo futuro depende estritamente de todo o passado. Um quadro que tal não pode nunca ser de todo justificado nem de todo rejeitado experimentalmente, e pertence, em larga medida, a uma concepção do mundo que, sendo complementar da experiência, é, em certos aspectos, mais universal do que qualquer coisa que se possa verificar experimentalmente. Não podemos nunca comprovar, por meio de nossos imperfeitos experimentos, se êste ou aquêl conjunto de leis físicas é passível de verificação até a última decimal. A concepção newtoniana, contudo, via-se compelida a apresentar e formular os processos físicos como se estivessem, de fato, sujeitos a tais leis. Essa atitude deixou de prevalecer na Física, e os homens que mais contribuíram para a sua queda foram Boltzmann, na Alemanha, e Gibbs, nos Estados Unidos.

CADA
LUTURO
DE CADA
PASSADO

EXPERIÊNCIAS

SUBMISSÃO
DA ESTRUTURA/MATERIALIDADE
DAS COISAS AOS TÍTULOS
| FÓRMULAS ?

Esses dois físicos intentaram a aplicação radical de uma nova e emocionante idéia. Talvez o uso de estatística em Física, por êles introduzido em larga medida não fôsse inteiramente nôvo, pois Maxwell e outros haviam considerado mundos de um número muito grande de partículas que tinham de ser necessariamente tratados de modo estatístico. Mas o que Boltzmann e Gibbs fizeram foi introduzir a estatística na Física de maneira muito mais completa, de sorte que a abordagem estatística se tornou válida não apenas para sistemas de enorme complexidade, mas inclusive para sistemas tão simples quanto o de uma única partícula num campo de força.

A Estatística é a ciência da distribuição, e a distribuição tencionada por êsses cientistas modernos não dizia respeito a grande número de partículas similares, mas às várias posições e velocidades a partir das quais um sistema físico poderia ter início. Por outras palavras: no sistema newtoniano, as mesmas leis físicas se aplicavam a uma multiplicidade de sistemas que se iniciavam a partir de uma multiplicidade de posições e de momentos. Os novos estatistas lançaram inédita luz sobre este ponto de vista. Mantiveram, na verdade, o princípio segundo o qual se poderiam distinguir certos sistemas de outros pela sua energia total, mas rejeitaram a suposição de que sistemas com a mesma energia total pudessem ser distinguidos com nitidez indefinidamente, e descritos para sempre por meio de leis causais.

Havia, na realidade uma importante restrição estatística implícita na obra de Newton, embora o século XVIII, que vivia de acôrdo com Newton, a ignorasse. Nenhuma medição física é jamais precisa; e o que tenhamos a dizer acêrca de uma máquina ou de outro sistema mecânico qualquer concerne não aquilo que devemos esperar quando as posições e momentos iniciais sejam dados com absoluta precisão (o que jamais ocorre), mas o que devemos esperar quando êles são dados com a precisão alcançável. Isso significa apenas que conhecemos, não as condições iniciais completas, mas algo acêrca de sua distribuição. Por outras palavras: a parte funcional da Física não pode furtar-se a considerar a incerteza e contingências dos eventos. O mé-



rito de Gibbs foi o de apresentar, pela primeira vez, um método científico bem definido para levar em consideração essa contingência.

É em vão que o historiador de Ciência busca uma linha única de desenvolvimento. A obra de Gibbs, conquanto fôsse bem talhada, era mal costurada, e caberia a outros completar o trabalho que êle havia começado. A intuição em que baseara seu trabalho era a de que, de modo geral, um sistema físico pertencente a uma classe de sistemas físicos que continua a manter sua identidade como classe, eventualmente reproduz, em quase todos os casos, a distribuição que exhibe, a qualquer momento dado, em relação à classe tôda de sistemas. Por outras palavras: em certas circunstâncias, um sistema passa por tôdas as distribuições de posição e momento que sejam compatíveis com a sua energia, se se mantiver em ação tempo suficiente.

Esta última proposição, contudo, só é verdadeira ou possível para sistemas triviais. Não obstante, há outro caminho que leva aos resultados de que Gibbs carecia para fundamentar sua hipótese. A ironia da História reside em que êsse caminho estava sendo explorado em Paris, de modo muito completo, exatamente na ocasião em que Gibbs trabalhava em New Haven; no entanto, foi só em 1920 que o trabalho de Paris se encontrou com o de New Haven numa fecunda união. Creio ter tido a honra de assistir ao nascimento do primeiro filho dessa união.

Gibbs tinha de trabalhar com teorias de medição e probabilidade já velhas de pelo menos vinte e cinco anos, e que eram flagrantemente inadequadas para as suas necessidades. Ao mesmo tempo, porém, Borel e Lebesgue, em Paris, estavam ideando a teoria da integração, que se iria demonstrar apropriada para as idéias de Gibbs. Borel era um matemático que já havia firmado sua reputação na teoria das probabilidades e que tinha excelente compreensão da Física. Seu trabalho conduziu-o a essa teoria de medição, mas êle não alcançou o estágio em que poderia rematá-la numa teoria completa. Isso foi feito por seu discípulo Lebesgue, que era uma pessoa de espécie muito diferente. Não tinha inclinação para a Física nem qual-

quer interesse nela. Malgrado isso, resolveu o problema suscitado por Borel, ~~mas considerava a solução desse problema apenas um instrumento para as séries de Fourier e outros ramos da Matemática pura.~~ Surgia uma querela entre os dois homens quando ambos se tornaram candidatos à Academia de Ciências da França e, após muita difamação mútua, ambos receberam a honraria. Borel, contudo, continuou a sustentar a importância do trabalho de Lebesgue e dêle próprio como um instrumento físico; acredito, porém, que eu tenha sido, em 1920, a primeira pessoa a aplicar a integral de Lebesgue a um problema específico de Física — o do movimento browniano.

Isso aconteceu muito depois da morte de Gibbs, cujo trabalho permaneceu, durante duas décadas, um desses mistérios da Ciência, que ocorrem, embora pareça que não devam ocorrer. Muitos homens têm tido intuições muito avançadas para a sua época, e isso não é menos verdade no campo da Física matemática. A introdução das probabilidades em Física, feita por Gibbs, verificou-se bem antes de haver uma teoria adequada da espécie de probabilidade de que êle carecia. A despeito de tôdas essas lacunas, estou convencido de que é a Gibbs, mais do que a Einstein, Heisenberg ou Planck, que devemos atribuir a primeira grande revolução da Física do século XX.

~~Essa revolução teve como efeito fazer com que a Física, hoje, não mais sustente o uida daquilo que irá sempre acontecer, mas, antes, do que irá acontecer com esmagadora probabilidade.~~ A princípio, na própria obra de Gibbs, tal atitude contingente se sobrepunha a uma base newtoniana na qual os elementos cuja probabilidade se iria discutir eram sistemas que obedeciam, todos, às leis newtonianas. A teoria de Gibbs era essencialmente nova, mas as permutações com que se mostrava compatível eram as mesmas consideradas por Newton. O que aconteceu à Física desde então foi que ~~se abandonou ou modificou a rígida base newtoniana, e a contingência gibbsiana agora se ergue, desnudamente, como o alicerce integral da Física.~~ É bem verdade que o balanço ainda não está definitivamente encerrado, no concernente a esta questão, e que Einstein e,

em algumas de suas fases. De Broglie, ainda sustenta que um mundo rigidamente determinista é mais aceitável que um mundo contingente; estes grandes cientistas, porém, estão travando um combate de refaguada contra a força esmagadora de uma geração mais jovem.

Uma interessante mudança ocorrida foi a de que, num mundo probabilístico, não mais lidamos com quantidades e afirmações que digam respeito a um universo específico e real como um todo, mas, em vez disso, formulamos perguntas que podem ter respostas num grande número de universos similares. Dessarte, admitiu-se o acaso na Física não apenas como um instrumento matemático, mas como parte de sua mesma trama.

Esse reconhecimento de um elemento de determinismo incompleto, de quase irracionalidade, no mundo, é, de certo modo, análogo à admissão freudiana de um profundo componente irracional na conduta e no pensamento humano. No mundo atual, de confusão tanto política quanto intelectual, há uma tendência natural a classificar conjuntamente Gibbs, Freud e os proponentes da moderna teoria das probabilidades como representantes de uma única tendência; entretanto, não quero insistir neste ponto. A distância entre o modo de pensar de Gibbs-Lebesgue e o método intuitivo, mas algo discursivo, de Freud, é grande demais. Entretanto, no reconhecer um elemento fundamental de acaso na textura do próprio universo, esses homens estão próximos um do outro, e próximos da tradição de Santo Agostinho. Pois tal elemento casual, tal orgânico inacabamento,* é algo que, sem recorrer a uma figura de retórica por demais violenta, podemos considerar como mal; o mal negativo que Santo Agostinho caracteriza como inacabamento, em contraposição ao mal positivo e maligno dos maniqueus.

Este livro trata do impacto do ponto de vista gibbsiano na vida moderna, quer através das mudanças substantivas que ocasionou na Ciência ativa, quer das alterações que indiretamente suscitou em nossa atitude para com a vida em

* No original, *incompleteness*. (N. do T.)

VIDE BRUTALISMO X ACADAMENTOS
HIPPIES METRÔ.SP NLTA E
BAIXA DEFINIÇÃO CONCRETO
A PARANTE E ESCADAS ROLANTES

LEIS DA
NATUREZA
LANCES
DO
SUJEITO

geral. Por isso, os capítulos que se seguem contêm um elemento de descrição técnica bem como um componente filosófico que diz respeito ao modo por que reagimos ao nôvo mundo com que nos defrontamos, e o modo por que deveríamos reagir.

Repito: a inovação de Gibbs foi a de considerar não um mundo, mas todos os mundos que sejam respostas possíveis a um grupo limitado de perguntas referentes ao nosso meio ambiente. Sua noção fundamental dizia respeito à extensão em que as respostas que possamos dar a perguntas acêrca de um grupo de mundos são prováveis em meio a um grupo maior de mundos. Além disso, Gibbs formulou a teoria de que essa probabilidade tendia naturalmente a aumentar conforme o universo envelhecesse. A medida de tal probabilidade se denomina entropia, e a tendência característica da entropia é a de aumentar.

Conforme aumenta a entropia, o universo, e todos os sistemas fechados do universo, tendem naturalmente a se deteriorar e a perder a nitidez, a passar de um estado de mínima a outro de máxima probabilidade; de um estado de organização e diferenciação, em que existem formas e distinções, a um estado de caos e mesmice. No universo de Gibbs, a ordem é o menos provável e o caos o mais provável. Todavia, enquanto o universo como um todo, se de fato existe um universo íntegro, tende a deteriorar-se, existem enclaves locais cuja direção parece ser o oposto à do universo em geral e nos quais há uma tendência limitada e temporária ao incremento da organização. A vida encontra seu habitat em alguns desses enclaves. Foi com esse ponto de vista em seu amago que a nova ciência da Cibernética principiou a desenvolver-se. *

* Há aquêles que se mostram céticos quanto à precisa identidade entre entropia e desorganização biológica. Ser-me-á necessário avaliar tais críticas mais cedo ou mais tarde; no entanto, por ora, devo admitir que as diferenças residem, não na natureza fundamental dessas quantidades, mas nos sistemas em que são observadas. Seria demais esperar uma definição terminante e precisa de entropia acêrca da qual todos concordassem em algo menos que o sistema fechado, isolado.

I

A CIBERNÉTICA NA HISTÓRIA

Desde o fim da Segunda Guerra Mundial, venho trabalhando nas muitas ramificações da teoria das mensagens. Além da teoria da transmissão de mensagens da engenharia elétrica, há um campo mais vasto que inclui não apenas o estudo da linguagem mas também o estudo das mensagens como meios de dirigir a maquinaria e a sociedade, o desenvolvimento de máquinas computadoras e outros autômatos que tais, certas reflexões acerca da psicologia e do sistema nervoso, e uma nova teoria conjectural do método científico. Esta mais vasta teoria das mensagens é uma teoria probabilística, uma parte intrínseca do movimento que deve sua origem a Willard Gibbs e que descrevi na introdução.

Até recentemente, não havia palavra específica para designar este complexo de idéias, e, para abarcar todo o campo com um único termo, vi-me forçado a criar uma. Daí "Cibernética", que derivei da palavra grega *kubernetes*, ou "pilôto", a mesma palavra grega de que eventualmente derivamos nossa palavra "governador". Descobri casualmente, mais tarde, que a palavra já havia sido usada por Ampère com referência à ciência política e que fôra inserida em outro contexto por um cientista polonês; ambos os usos datavam dos primórdios do século XIX.

Escrevi um livro mais ou menos técnico, intitulado *Cibernética*, que foi publicado em 1948. Para atender a pedidos que me haviam sido feitos no sentido de tornar-lhe as idéias acessíveis ao público leigo, publiquei a primeira

edição de *O Uso Humano de Sêres Humanos* em 1950. Desde então, o assunto se converteu, de umas poucas idéias que eu partilhava com os Drs. Claude Shannon e Warren Weaver, num campo oficial de pesquisa. Por isso, aproveito a oportunidade oferecida pela reedição de meu livro para atualizá-lo e eliminar certos defeitos e inconseqüências de sua estrutura original.

Ao dar a definição de Cibernética no livro original, coloquei na mesma classe comunicação e contróle. Por que fiz isso? Quando me comunico com outra pessoa, transmito-lhe uma mensagem, e quando ela, por sua vez, se comunica comigo, replica com uma mensagem conexa, que contém informação que lhe é originariamente acessível, e não a mim. Quando comando as ações de outra pessoa, comunico-lhe uma mensagem, e embora tal mensagem esteja no modo imperativo, a técnica de comunicação não difere da de uma mensagem de fato. Ademais, para o meu comando ser eficaz, tenho de tomar conhecimento de quaisquer mensagens vindas de tal pessoa que me possam indicar ter sido a ordem entendida e obedecida.

A tese d'êste livro é a de que a sociedade só pode ser compreendida através de um estudo das mensagens e das facilidades de comunicação de que disponha; e de que, no futuro desenvolvimento dessas mensagens e facilidades de comunicação, as mensagens entre o homem e as máquinas, entre as máquinas e o homem, e entre a máquina e a máquina, estão destinadas a desempenhar papel cada vez mais importante.

Quando dou uma ordem a uma máquina, a situação não difere essencialmente da que surge quando dou uma ordem a uma pessoa. Por outras palavras, tanto quanto alcança minha consciência, estou ciente da ordem emitida e do sinal de aquiescência recebido de volta. Para mim, pessoalmente, o fato de o sinal, em seus estágios intermediários, ter passado por uma máquina em vez de por uma pessoa, é irrelevante, e em nenhum caso altera significativamente minha relação com o sinal. Dessarte, a teoria do comando em engenharia, quer seja êle humano, animal ou mecânico, constitui um capítulo da teoria das mensagens.

COMUNICAÇÃO E
CONTRÓLE

TENDÊNCIA
HISTÓRICA =
IMPORTÂNCIA DAS
MENSAGENS

MEIOS

Naturalmente, há diferenças de pormenor nas mensagens e nos problemas de comando, não apenas entre um organismo vivo e uma máquina, como dentro de cada classe mais restrita de seres. O propósito da Cibernética é o de desenvolver uma linguagem e técnicas que nos capacitem, de fato, a haver-nos com o problema do controle e da comunicação em geral, e a descobrir o repertório de técnicas e idéias adequadas para classificar-lhe as manifestações específicas sob a rubrica de certos conceitos.

As ordens de comando por via das quais exercemos controle sobre nosso meio ambiente são uma espécie de informação que lhe transmitimos. Como qualquer outra espécie de informação, essas ordens estão sujeitas a desorganização em trânsito. Geralmente, chegam a seu destino de forma menos coerente — e decerto não mais coerente — do que quando foram emitidas. Em comunicação e controle, estamos sempre em luta contra a tendência da Natureza de degradar o orgânico e destruir o significativo; a tendência, conforme no-lo demonstrou Gibbs, de a entropia aumentar.

Grande parte deste livro concerne aos limites de comunicação dentro dos e entre os indivíduos. O homem está imerso num mundo ao qual percebe pelos órgãos dos sentidos. A informação que recebe é coordenada por meio de seu cérebro e sistema nervoso até, após o devido processo de armazenagem, colação e seleção, emergir através dos órgãos motores, geralmente os músculos. Estes, por sua vez, agem sobre o mundo exterior e reagem, outrossim, sobre o sistema nervoso central por via de órgãos receptores, tais como os órgãos terminais da cinestesia; e a informação recebida pelos órgãos cinestésicos se combina com o cabedal de informação já acumulada para influenciar as futuras ações.

Informação é termo que designa o conteúdo daquilo que permutamos com o mundo exterior ao ajustar-nos a ele, e que faz com que nosso ajustamento seja nele percebido. O processo de receber e utilizar informação é o processo de nosso ajuste às contingências do meio ambiente e

REVUM : TENDENCIA DA
PANCIA : NATUREZA OU DA
LUTA DE CLASSES?

INFO

de nosso efetivo viver nesse meio ambiente. As necessidades e a complexidade da vida moderna fazem, a êste processo de informação, exigências maiores do que nunca, e nossa imprensa, nossos museus, nossos laboratórios científicos, nossas universidades, nossas bibliotecas e nossos compêndios estão obrigados a atender às necessidades de tal processo, sob pena de malograr em seus escopos. Dessarte, comunicação e contrôle fazem parte da essência da vida interior do homem, mesmo que pertençam à sua vida em sociedade.

O lugar ocupado pelo estudo da comunicação na história da Ciência não é nem trivial, nem fortuito, nem nôvo. Mesmo antes de Newton, tais problemas eram correntes em Física, especialmente no trabalho de Fermat, Huyghens e Leibnitz, que compartilhavam de um interêsse, nela, cujo foco não era a Mecânica, mas a Ótica, a comunicação de imagens visuais.

Fermat fêz avançar o estudo da Ótica com o seu princípio da minimização, segundo o qual, numa parte suficientemente breve de seu curso, a luz segue a trajetória que lhe custa menos tempo atravessar. Huyghens desenvolveu a forma primitiva do que é hoje conhecido como "Princípio de Huyghens" ao enunciar que a luz se expande de uma fonte luminosa formando ao redor dessa fonte algo assim como uma pequena esfera, consistente de fontes secundárias que, por sua vez, propagam a luz da mesma maneira que as fontes primárias. Leibnitz, entrementes, encarava o mundo todo como uma coleção de sêres chamados "mônadas" cuja atividade consistia na percepção uns dos outros com base numa harmonia preestabelecida instaurada por Deus, e é evidente que concebia essa interação principalmente em termos óticos. Afora esta percepção, as mônadas não tinham "janelas", de modo que, na concepção leibnitiana, tôda interação mecânica se torna nada mais nada menos que uma sutil consequência da interação ótica.

A preocupação com ótica e com mensagem, que tal parte da filosofia de Leibnitz evidencia, impregna-lhe tôda a textura. Desempenha papel de destaque em duas das suas idéias mais originais: a de Characteristica Universalis, ou

linguagem científica universal, e a de Calculus Ratiocinator, ou cálculo de lógica. Esse Calculus Ratiocinator, por imperfeito que fôsse, é o antecessor direto da moderna lógica matemática.

Dominado pelas idéias de comunicação, Leibnitz é, em mais de um aspecto, o antecessor intelectual das idéias deste livro, pois estava também interessado em computação por máquina e em autômatos. Minhas concepções neste livro estão muito longe de serem leibnitzianas, mas os problemas que me preocupam são, sem dúvida alguma, leibnitzianos. As máquinas computadoras de Leibnitz eram apenas uma derivação de seu interesse por uma linguagem de computação, um cálculo raciocinante, que, por sua vez, era, em seu espírito, apenas uma extensão da idéia de uma completa linguagem artificial. Dessarte, mesmo no concernente à sua máquina computadora, as preocupações de Leibnitz eram principalmente lingüísticas e comunicacionais.

Pelos meados do século passado, o trabalho de Clerk Maxwell e de seu precursor Faraday, havia atraído mais uma vez a atenção dos físicos para a Ótica, a ciência da luz, a qual era então considerada uma forma de eletricidade que podia ser reduzida à mecânica de um meio curioso, rígido mas invisível, conhecido como éter; na época, supunha-se que o éter permeasse a atmosfera, o espaço interestelar e todos os materiais transparentes. O trabalho de Clerk Maxwell no campo da Ótica consistiu no desenvolvimento matemático de idéias que tinham sido anteriormente expressas de forma convincente, mas não-matemática, por Faraday. O estudo do éter suscitava certas questões cujas respostas eram obscuras, como, por exemplo, a do movimento da matéria através do éter. O famoso experimento de Michelson e Morley, na década de 1890, foi levado a cabo para resolver esse problema, e propiciou a resposta inteiramente inesperada de que simplesmente não havia maneira de determinar o movimento da matéria através do éter.

A primeira solução satisfatória para os problemas suscitados por tal experimento foi a de Lorentz; êle mostrou que se as forças que mantinham a matéria unida fôsem concebidas como sendo de natureza elétrica ou ótica, de-

veríamos esperar um resultado negativo do experimento de Michelson-Morley. Contudo, Einstein, em 1905, traduziu tais idéias de Lorentz numa forma em que a impossibilidade de observar o movimento absoluto era antes um *postulado da Física* que o resultado de qualquer estrutura peculiar da matéria. Para os nossos propósitos, o importante é que na obra de Einstein, luz e matéria estão colocadas em base de igualdade, como haviam estado em obras anteriores a Newton, sem a subordinação newtoniana de tudo o mais à matéria e à mecânica.

Ao explicar suas concepções, Einstein faz abundante uso do observador, que pode estar em repouso ou pode estar em movimento. Na sua teoria da relatividade, é impossível introduzir o observador sem introduzir também a idéia de mensagem, e sem, de fato, reverter a ênfase da Física a um estado quase leibnitziano, cuja tendência é mais uma vez ótica. A teoria da relatividade de Einstein e a mecânica estatística de Gibbs estão em acentuado contraste; como Newton, Einstein ainda fala, fundamentalmente, em termos de uma dinâmica absolutamente rígida, sem introduzir a idéia de probabilidade. A obra de Gibbs, por outro lado, é probabilística desde o seu mesmo princípio; no entanto, as direções de ambas as obras representam uma mudança no ponto de vista da Física: o mundo conforme existe realmente é substituído, de uma outra maneira, pelo mundo conforme seja observado, e o velho realismo ingênuo da Física cede lugar a algo que poderia fazer o Bispo Berkeley sorrir deliciado. !!!

DESIG
NADO

A esta altura, será conveniente reexaminarmos certas noções respeitantes à entropia, que já foram apresentadas na introdução. Conforme dissemos, a idéia de entropia consubstancia várias das mais importantes divergências entre a mecânica gibbsiana e a mecânica newtoniana. Na concepção de Gibbs, temos uma quantidade física que, não pertencendo ao mundo externo como tal, mas a certos conjuntos de possíveis mundos exteriores, pertence, por isso, à resposta dada a certas perguntas específicas que possamos formular a respeito do mundo exterior. A Física se torna, então, não a discussão de um universo exterior, que se possa

considerar como a resposta total a tôdas as perguntas a êle concernentes, mas uma descrição das respostas dadas a perguntas muito mais limitadas. Na verdade, não estamos mais preocupados com o estudo de tôdas as possíveis mensagens que possamos enviar ou receber, mas com a teoria de mensagens enviadas ou recebidas muito mais específicas, a qual envolve a mensuração da não mais infinita quantidade de informação que nos propiciam.

As mensagens são, por si mesmas, uma forma de configuração e organização. É possível, realmente, encarar conjuntos de mensagens como se fôsem dotados de entropia, à semelhança de conjuntos de estados do mundo exterior. Assim como a entropia é uma medida de desorganização, a informação conduzida por um grupo de mensagens é uma medida de organização. Na verdade, é possível interpretar a informação conduzida por uma mensagem como sendo, essencialmente, o negativo de sua entropia e o logaritmo negativo de sua probabilidade. Vale dizer, quanto mais provável seja a mensagem, menor será a informação que propicia. Os chavões, por exemplo, são menos alumbreadores que os grandes poemas.

Já referi o interêsse de Leibnitz pelos autômatos, interêsse que era casualmente partilhado pelo seu contemporâneo Pascal, o qual prestou efetiva contribuição ao desenvolvimento daquilo que hoje conhecemos como máquina de somar de mesa. Leibnitz via, na concordância do tempo assinalado por relógios acertados ao mesmo tempo, o modelo para a harmonia preestabelecida de suas mônadas. Pois a técnica corporificada nos autômatos de sua época era a do relojoeiro. Consideremos a atividade das figurinhas que dançam no tópo de uma caixa de música. Movem-se de acôrdo com um padrão, mas trata-se de padrão estabelecido de antemão e no qual a atividade pretérita das figuras não tem praticamente nada a ver com o padrão de sua futura atividade. A probabilidade de que venham a divergir desse padrão é nula. Há uma mensagem, efetivamente, mas ela vai da maquinaria da caixa de música até as figuras, e ali se detém. As figuras pròpriamente ditas não têm qualquer outra comunicação com o mundo exterior que não

ENTROPIA
X
INFORMAÇÃO

seja êsse estágio unidirecional de comunicação com o mecanismo preestabelecido da caixa de música. São cegas, surdas e mudas e, em sua atividade, não se podem desviar, o mínimo que seja, do padrão convencional.

Contraste-se com elas o comportamento do homem, ou então de qualquer animal moderadamente inteligente, como um gatinho. Chamo-o e êle olha para cima. Enviei-lhe uma mensagem, que êle recebeu por meio de seus órgãos sensórios e que registrou em ação. O gatinho tem fome e solta um miado lamentoso: agora, é o transmissor de uma mensagem. Êle bate com a pata num carretel balouçante. O carretel desloca-se para a sua esquerda e êle o agarra com a pata esquerda. Desta vez, mensagens de natureza assaz complicada foram transmitidas e recebidas no interior do seu sistema nervoso, através de certos nervos terminais de suas juntas, músculos e tendões; e por meio de mensagens nervosas transmitidas por êsses órgãos, êle adquire consciência da posição e das tensões atuais de seus tecidos. É somente por via dêsses órgãos que algo como uma habilidade manual se torna possível.

Contrastei o comportamento preestabelecido das figurinhas da caixa de música, de um lado, com o comportamento contingente dos seres humanos e dos animais, de outro. Não devemos, porém, supor que a caixa de música seja típica de todo comportamento mecânico.

As máquinas mais antigas e, particularmente, as tentativas mais recuadas de produzir autômatos, funcionavam, de fato, em base estritamente de mecanismo de relógio. Mas as modernas máquinas automáticas, tais como os mísseis controlados, a espolêta de proximidade, o abridor automático de portas, o aparelhamento de contrôle de uma fábrica de produtos químicos, e o restante do moderno arsenal de máquinas automáticas que realizam funções militares ou industriais, possuem órgãos sensórios, isto é, receptores para mensagens que venham do exterior. Podem êles ser simples como as células fotoelétricas — que se alteram eletricamente quando uma luz incide sôbre elas e que são capazes de distinguir a luz das trevas — ou tão complicados quanto um aparelho de televisão. Podem medir determi-

nada tensão pela alteração que esta produz na condutividade de um fio a ela exposto, ou podem medir a temperatura por meio de um par termoeletrico, que é um instrumento formado de dois metais diferentes, em contacto um com o outro, e através dos quais flui uma corrente quando um dos pontos de contacto seja aquecido. Cada instrumento do repertório do construtor de instrumentos científicos é um órgão sensório possível, e pode-se fazer com que registre sua marcação à distância, mercê da intervenção de aparelhamento elétrico adequado. Dessa forma, a máquina condicionada pela sua relação com o mundo exterior e pelas coisas que nêlo acontecem convive e tem convivido conosco há já algum tempo.

A máquina que age sôbre o mundo exterior por meio de mensagens também nos é familiar. O abridor de portas automático fotoelétrico, conhece-o qualquer pessoa que já tenha passado pela Estação de Pensilvânia, em Nova Iorque; é usado em muitos outros edifícios, igualmente. Quando uma mensagem constituída pela interceptação de um raio de luz é enviada ao aparelho, faz funcionar a porta, abrindo-a para que o passageiro possa passar.

As etapas entre o acionamento de uma máquina dêsse tipo pelos órgãos sensórios e o seu desempenho de uma tarefa podem ser simples como no caso da porta elétrica, ou podem, realmente, ter o grau de complexidade que se deseje, dentro dos limites de nossas técnicas de engenharia. Uma ação complexa é aquela em que os dados introduzidos, (a que chamamos *entrada*) para obter um efeito sôbre o mundo exterior — efeito a que chamamos *saída* * — podem implicar um grande número de combinações. Combinações dos dados introduzidos no momento com os registros obtidos de dados anteriores armazenados, a que chamamos *memória*, e que estão registrados na máquina. As máquinas mais complicadas construídas até agora que transformam dados de entrada em dados de saída, são os computadores elétricos de alta velocidade, de que falarei de-

* No original, *input* e *output*. (N. do T.)

pois mais pormenorizadamente. A determinação do modo de conduta dessas máquinas é feita por meio de um tipo especial de entrada, que consiste freqüentemente de cartões ou fitas perfurados ou de fios magnetizados, e que determina a maneira por que a máquina irá agir em determinada operação, distinta da maneira por que poderia ter agido em outra operação. Devido ao uso freqüente de fita perfurada ou magnética no contrôle, os dados que são introduzidos, e que indicam o modo de operação dessas máquinas de combinar informações, são chamados *taping*.*

Já disse que o homem e o animal têm uma sensibilidade cinestésica, por meio da qual mantêm um registro da posição e tensões de seus músculos. Para que qualquer máquina sujeita a um meio externo variado possa atuar de maneira efetiva é necessário que a informação concernente aos resultados de sua própria ação lhe sejam fornecidos como parte da informação com base na qual ela deve continuar a atual. Por exemplo, se estivermos manejando um elevador, não basta abrir a porta externa porque as ordens que tenhamos dado devam fazer o elevador estar diante dessa porta no momento em que a abrimos. É importante que o desengate para a abertura da porta dependa do fato de que o elevador se encontre realmente diante da porta; de outra maneira, algo poderia tê-lo detido e o passageiro despencaria no poço vazio. Tal contrôle da máquina com base no seu desempenho *efetivo* em vez de no seu desempenho *esperado* é conhecido como *realimentação (feedback)* e envolve membros sensórios que são acionados por membros motores e desempenham a função de *detectores* ou *monitores* — isto é, de elementos que indicam um desempenho. A função desses mecanismos é a de controlar a tendência mecânica para a desorganização; em outras palavras, de produzir uma inversão temporária e local da direção normal da entropia.

Acabei de mencionar o elevador como exemplo de realimentação. Há outros casos em que a importância da reali-

* De *tape*, fita. (N. do T.)

imentação se torna ainda mais patente. Por exemplo, um apontador de artilharia obtém a informação de seu instrumento de observação e a transmite ao canhão, de modo que este aponte numa direção tal que o projétil atravessasse o alvo móvel a certo momento. Ora, o canhão tem de ser usado em tôdas as condições atmosféricas. Em algumas delas, a graxa estará quente e êle voltará fácil e rapidamente. Em outras condições, a graxa estará congelada ou misturada com areia e êle responderá morosamente às ordens que lhe forem dadas. Se tais ordens forem reforçadas por um impulso adicional, quando o canhão deixe de responder prontamente às ordens e se retarde, então o erro do apontador será reduzido. Para obter um desempenho tão uniforme quanto possível, costuma-se instalar um contrôlo de realimentação, que registra o retardamento do canhão em relação à posição em que deveria estar, de acôrdo com as ordens dadas, e que usa tal diferença para dar-lhe um impulso adicional.

É certo que se devem tomar precauções para que o impulso não seja excessivo, pois, nesse caso, a arma se deslocará para além da posição adequada, e terá de ser trazida de volta numa série de oscilações que bem podem tornar-se cada vez maiores e ocasionar desastrosa instabilidade. Se o próprio sistema de realimentação fôr controlado — se, por outras palavras, suas próprias tendências entrópicas forem contidas por outros mecanismos de contrôlo — e mantido dentro de limites suficientemente estritos, isso não ocorrerá, e a existência da realimentação aumentará a estabilidade de desempenho da arma. Por outras palavras, o desempenho se tornará menos dependente da resistência de atrito, ou, o que vem a dar no mesmo, do retardamento ocasionado pela rigidez da graxa.

Algo de muito semelhante ocorre na ação humana. Quando apanho meu charuto do chão, não quero mover quaisquer músculos específicos. Na verdade, em muitos casos, nem sei quais são tais músculos. O que faço é converter em ação certo mecanismo de realimentação, isto é, um reflexo no qual a distância pela qual deixei até aqui de apanhar o charuto é convertida numa nova ordem, mais in-

tensa, aos músculos retardados, quaisquer que eles possam ser. Dessa maneira, um comando voluntário assaz uniforme possibilitará que a mesma tarefa seja executada a partir de posições iniciais grandemente variadas, e independentemente do decréscimo de contração devido à fadiga dos músculos. De modo similar, quando guio um carro, não obedeco a uma série de comandos dependentes apenas de uma imagem mental da estrada e da tarefa que estou executando. A verificação de que o carro se está desviando demais para a direita faz com que eu o desloque para esquerda. Isso depende do desempenho efetivo do carro, e não simplesmente da estrada, e me capacita a guiar, com quase a mesma eficiência, um Austin leve e um caminhão pesado, sem que me seja preciso formar hábitos separados para guiar um ou outro. Terei mais a dizer acerca deste ponto no capítulo dedicado a máquinas especiais, no qual discutiremos o benefício que a Neuropatologia poderá tirar do estudo das máquinas com defeitos de desempenho semelhantes àqueles que ocorrem no mecanismo humano.

X { A minha tese é a de que o funcionamento físico do indivíduo vivo e o de algumas das máquinas de comunicação mais recentes são exatamente paralelos no esforço análogo de dominar a entropia através da realimentação. Ambos têm receptores sensórios como um estágio de seu ciclo de funcionamento, vale dizer, em ambos existe um instrumento especial para coligir informação do mundo exterior, a baixos níveis de energia, e torná-la acessível na operação do indivíduo ou da máquina. Em ambos os casos, tais mensagens externas não são acolhidas em estado *puro*, mas por via dos poderes internos de transformação do aparelho, seja ele animado ou inanimado. A informação adquire, então, uma nova forma, adequada para os futuros estágios de desempenho. Tanto no animal quanto na máquina, o desempenho se faz efetivo no mundo exterior. Em ambos, a ação *realizada* no mundo exterior, e não apenas a ação *intentada*, é comunicada ao instrumento regulador central. Esse complexo de comportamento é ignorado pelo homem comum e, particularmente, não desempenha o papel que deveria desempenhar em nossas análises habituais da sociedade; pois

assim como as respostas físicas individuais podem ser encaradas dêste ponto de vista, assim também o podem ser as respostas orgânicas da própria sociedade. Não quero dizer que o sociólogo desconheça a existência e a natureza complexa das comunicações na sociedade; até recentemente, porém, tendia êle a descurar o fato de que são elas que cimentam a estrutura da sociedade.

Vimos, neste capítulo, a unidade fundamental de um complexo de idéias que, até há pouco, não haviam sido suficientemente associadas entre si. Tais idéias são a concepção contingente da Física, introduzida por Gibbs como uma modificação das convenções tradicionais, newtonianas, da atitude agostiniana, voltada para a ordem e a conduta, que é exigida por esta concepção, e a teoria da mensagem entre homens e máquinas, e na sociedade, como uma seqüência temporal de eventos que, embora tenha em si mesma uma certa contingência, forceja por conter a tendência da Natureza para a desordem, mercê do ajuste de suas partes a vários fins intencionais.

II

PROGRESSO E ENTROPIA

Conforme dissemos, a tendência estatística da Natureza para a desordem, a tendência de a entropia aumentar em sistemas isolados, é expressa pela segunda lei da Termodinâmica. Nós, como seres humanos, não somos sistemas isolados. Assimilamos alimento que gera energia, alimento procedente do mundo exterior, e somos, por conseguinte, parte daquele mundo mais vasto que contém as fontes de nossa vitalidade. Mas ainda mais importante é o fato de que assimilamos também informação através de nossos órgãos sensoriais e de que agimos de acordo com a informação recebida.

Pois bem, o físico já está familiarizado com o alcance dessa afirmativa no que respeita às nossas relações com o meio ambiente. Uma brilhante expressão do papel desempenhado pela informação em tal particular é dada por Clerk Maxwell sob a forma do chamado "demônio de Maxwell", que podemos descrever desta maneira.

Vamos supor que tenhamos um recipiente de gás cuja temperatura seja a mesma em toda a parte. Algumas moléculas dêsse gás se estarão movendo mais rapidamente que outras. Suponhamos, agora, que haja uma passagem no recipiente, a qual permita ao gás entrar num tubo que vá ter a uma máquina térmica, e que o escape dessa máquina esteja ligado, através de outro tubo, à câmara de gás, por meio de outra passagem. Junto de cada passagem há um pequeno ser, com o poder de vigiar as moléculas entrantes.

tes e de abrir ou fechar as passagens de acôrdo com sua velocidade.

O demônio postado junto à primeira passagem abre a porta apenas para moléculas de alta velocidade e fecha-a diante de moléculas de baixa velocidade vindas do recipiente. O papel do demônio junto à segunda passagem é exatamente o oposto: abre a porta apenas para moléculas de baixa velocidade provenientes do recipiente e fecha-a diante de moléculas de alta velocidade. O resultado disso é que a temperatura se eleva numa extremidade e decresce na outra, criando dessarte um movimento perpétuo de “segundo tipo”, isto é, um movimento perpétuo que não viola a primeira lei da Termodinâmica, a qual nos diz que a quantidade de energia dentro de um dado sistema é constante, mas que viola a segunda lei da Termodinâmica, a qual nos diz que a energia espontâneamente declina com a temperatura. Por outras palavras, o demônio de Maxwell parece superar a tendência de aumento da entropia.

Talvez eu possa ilustrar melhor esta idéia imaginando uma multidão comprimindo-se em duas borboletas do trem subterrâneo metropolitano — uma que deixe as pessoas passarem sòmente se se verificar que se estejam movendo a certa velocidade, e outra que deixe passar apenas pessoas que se estejam deslocando lentamente. O movimento fortuito da multidão no metropolitano se evidenciará como um fluxo de gente apressada emergindo da primeira borboleta, enquanto a segunda borboleta deixará passar apenas gente a caminhar vagarosamente. Se as duas borboletas forem ligadas por um passadiço com um *treadmill*,* as pessoas que se movem apressadamente evidenciarão tendência mais pronunciada a fazer com que o *treadmill* gire numa direção, do que as pessoas vagarosas em fazê-lo girar na direção contrária, e obteremos assim uma fonte de energia útil na movimentação desordenada e fortuita da multidão.

* Roda de moinho provida de degraus, que eram acionados pelos pés dos condenados, nas prisões de outrora. (N. do T.)

Daqui ressalta, pois, uma distinção deveras interessante entre a Física de nossos avós e a dos dias atuais. Na Física do século XIX, obter informação parecia não custar coisa alguma. O resultado disso é que não há nada na Física de Maxwell que impeça um dos seus demônios de fornecer a si próprio a energia de que precisa. A Física moderna, contudo, reconhece que o demônio só pode obter a informação com que abre ou fecha as portas por meio de algo como um órgão sensorio, que, para tais propósitos, será um olho. A luz que incide sobre o olho do demônio não é um suplemento do movimento mecânico, destituído de energia, mas partilha, fundamentalmente, das propriedades do próprio movimento mecânico. A luz não pode ser recebida por nenhum instrumento a menos que o atinja, e não pode indicar a posição de qualquer partícula sem igualmente atingi-la. Isso significa, então, que mesmo de um ponto de vista puramente mecânico, não podemos considerar a câmara de gás como apenas contendo gás: ela contém, mais exatamente, gás e luz, que podem ou não estar em equilíbrio. Se estiverem, poder-se-á demonstrar, como consequência da atual doutrina física, que o demônio de Maxwell ficará tão cego como se ali não houvesse luz alguma. Teremos uma nuvem de luz proveniente de tôdas as direções, que não dá nenhuma indicação da posição e momentos das partículas de gás. Por isso, o demônio de Maxwell só poderá atuar num sistema que não esteja em equilíbrio. Num sistema que tal, contudo, verificar-se-á que a constante colisão entre a luz e as partículas de gás tende a levar uma e outras a um estado de equilíbrio. Dessarte, conquanto o demônio possa inverter temporariamente a direção usual da entropia, ao fim e ao cabo êle também se desgastará.

O demônio de Maxwell só poderá atuar indefinidamente se luz adicional lhe vier de fora do sistema, e não corresponder, em temperatura, à temperatura mecânica das próprias partículas. Esta é uma situação que nos deveria ser perfeitamente familiar, pois vemos o universo à nossa volta refletir a luz do Sol, que está muito longe de se encontrar em equilíbrio com os sistemas mecânicos sobre a Terra. A rigor, comfrontamos partículas cuja temperatura é de 10 ou

15.º C., com uma luz que vem do Sol com muitos milhares de graus.

Num sistema que não esteja em equilíbrio, ou numa parte de um sistema que tal, a entropia não carece de aumentar. Pode, na verdade, decrescer localmente. Talvez êsse não-equilíbrio do mundo que nos circunda seja apenas um estágio numa trajetória descendente, que conduzirá, por fim, ao equilíbrio. Mais cedo ou mais tarde, morreremos, e é altamente provável que todo o universo à nossa volta morra de morte calórica, morte na qual o mundo se reduzirá a um só e vasto equilíbrio de temperatura, em que nada de realmente nôvo irá acontecer. Não restará nada a não ser uma insípida uniformidade, da qual só podemos esperar flutuações locais insignificantes.

Todavia, não somos ainda espectadores dos derradeiros estágios da morte do mundo. Em verdade, tais estágios finais não terão espectadores. Por isso, no mundo em que estamos imediatamente interessados, há estágios que, embora ocupem insignificante fração da eternidade, são de grande importância para os nossos objetivos, pois nêles a entropia não aumenta, e a organização, e seu correlativo, a informação, estão sendo criadas.

O que tenho dito acêrca dêsses enclaves de crescente organização não se confina tão-sòmente à organização conforme a exibem os sêres vivos. As máquinas também contribuem para a criação de informação local e temporária, não obstante sua organização seja grosseira e imperfeita comparada com a nossa.

Quero a esta altura suscitar a questão semântica de que palavras como vida, finalidade e alma são tôscas e inadequadas para o pensamento científico preciso. Êsses têrmos ganharam significado através do nosso reconhecimento da unidade de certo grupo de fenômenos, e, em verdade, não nos propiciam nenhuma base adequada para caracterizar tal unidade. Sempre que encontremos um nôvo fenômeno que partilhe, em certo grau, da natureza daqueles que já denominamos de "fenômenos vivos", mas que não se conforme a todos os aspectos correlatos que definem o têrmo

"vida", vemos-nos defrontados com o problema de ou alargar o âmbito da palavra "vida", de modo que passe a reabrangê-los, ou a defini-la de modo mais restrito, a fim de excluí-los. Encontramos êsse problema no passado ao considerar os vírus, que mostram algumas das tendências da vida — perpetuar-se, multiplicar-se e organizar-se —, mas que não expressam tais tendências de forma plenamente desenvolvida. Agora que certas analogias de comportamento entre a máquina e o organismo vivo estão sendo observadas, o problema de se a máquina é ou não viva constitui, para nossos propósitos, um problema semântico, e temos a liberdade de resolvê-lo da maneira que melhor atender às nossas conveniências. Como diz Humpty Dumpty a respeito de algumas de suas palavras mais notáveis: "Pago-lhes extraordinário e as faço fazer o que desejo."

Se quisermos usar a palavra "vida" para abranger todos os fenômenos que localmente nadem rio acima, contra a corrente da entropia crescente, temos a liberdade de fazê-lo. Contudo, far-se-á mister incluir, nesse caso, muitos fenômenos astronômicos que têm apenas remota aparência com a vida, tal como a conhecemos habitualmente. Na minha opinião, o melhor, portanto, é evitar todos os epítetos que possam suscitar discussões, como "vida", "alma", "vitalismo", e outros que tais, e dizer apenas, no tocante às máquinas, que não há razão para que não possam assemelhar-se aos seres humanos no representar bolsões de entropia decrescente numa estrutura em que a entropia geral tende a aumentar.

Quando comparo o organismo vivo como tal à máquina, nem por um momento pretendo dizer que os processos físicos, químicos e espirituais, específicos da vida, tal como a conhecemos habitualmente, sejam os mesmos que os das máquinas simuladoras de vida. Quero simplesmente dizer que ambos podem exemplificar localmente processos anti-entrópicos, que talvez possam ser exemplificados de muitas outras maneiras que, naturalmente, não chamaremos nem de biológicas nem de mecânicas.

Conquanto seja impossível fazer qualquer afirmação universal a respeito dos autômatos simuladores de vida num

campo que se está ampliando tão rapidamente quanto o da automatização, há algumas características gerais dessas máquinas, como existem atualmente, que eu gostaria de acentuar. Uma é a de que são máquinas para realizar alguma tarefa ou tarefas específicas, e, portanto, devem possuir órgãos motores (análogos aos braços e pernas dos seres humanos) com os quais possam realizar essas tarefas. O segundo ponto é o de que devem estar em *rapport* com o mundo exterior por meio de órgãos sensoriais, tais como células fotoelétricas e termômetros, que não somente lhes indicam quais são as circunstâncias existentes como também os habilitam a registrar o desempenho ou não-desempenho de suas próprias tarefas. Esta última função, conforme vimos, é chamada de realimentação (*feedback*), ou seja, a capacidade de poder ajustar a conduta futura em função do desempenho pretérito. A realimentação pode ser tão simples quanto a de um reflexo comum, ou pode ser uma realimentação de ordem superior, na qual a experiência passada é usada não apenas para regular movimentos específicos como, outrossim, toda uma política de comportamento. Tal espécie de realimentação pode revelar-se, e amiúde se revela, como aquilo que, sob um aspecto, conhecemos por reflexo condicionado, e sob outro, por aprendizagem.

Para todas essas formas de comportamento, e particularmente para as mais complicadas, é mister possuímos órgãos decisórios centrais, que determinem o que a máquina fará a seguir, com base na informação que lhe foi retransmitida e que ela armazena por meios análogos aos da memória de um organismo vivo.

É fácil construir uma máquina simples capaz de encaminhar-se para a luz ou fugir dela, e se tais máquinas dispuserem de luz própria, exhibirão, quando juntas em grupo, complicadas formas de comportamento social, tais como as que foram descritas pelo Dr. Grey Walter em seu livro *The Living Brain* (O Cérebro Vivo). Presentemente, as máquinas mais complicadas desse tipo nada mais são que brinquedos científicos para exploração das possibilidades de máquina propriamente dita e de seu análogo, o sistema nervoso. Mas há razões para prever-se que a tecnologia

mais desenvolvida do futuro próximo fará uso de algumas dessas potencialidades.

O sistema nervoso e a máquina automática são, pois, fundamentalmente semelhantes no constituírem, ambos, aparelhos que tomam decisões com base em decisões feitas no passado. Os mais simples dispositivos mecânicos têm de decidir entre duas alternativas, como ligar ou desligar uma chave. No sistema nervoso, a fibra nervosa individual também decide entre conduzir ou não um impulso. Tanto na máquina quanto no nervo, há um dispositivo específico para fazer com que as decisões futuras dependam das passadas, e, no sistema nervoso, boa parte dessa tarefa é realizada naqueles pontos extremamente complicados, denominados "sinapses", nos quais numerosas fibras nervosas aferentes se ligam a uma única fibra nervosa eferente. Em muitos casos, é possível definir a base dessas decisões como o limiar de ação da sinapse, ou, em outras palavras, dizer quantas fibras aferentes devem deflagrar para que as fibras eferentes possam deflagrar.

Este é o fundamento, pelo menos em parte, da analogia entre máquinas e organismos vivos. A sinapse, no organismo vivo, corresponde ao dispositivo comutador da máquina. Para subsequente desenvolvimento da relação pormenorizada entre máquinas e organismos vivos, devem-se consultar os livros extremamente estimulantes do Dr. Walter e do Dr. W. Ross Ashby.*

X { A máquina, à semelhança do organismo vivo, é, conforme eu já disse, um dispositivo que parece resistir, local e temporariamente, à tendência geral para o aumento da entropia. Mercê de sua capacidade de tomar decisões, pode produzir, à sua volta, uma zona de organização num mundo cuja tendência geral é deteriorar-se.

O cientista se esforça sempre por descobrir a ordem e organização do universo, jogando assim uma partida contra

* W. Ross Ashby, *Design for a Brain* (Projeto de um Cérebro), Nova Iorque, Wiley, 1952, e W. Grey Walter, *The Living Brain*, Nova Iorque, Norton, 1953.

seu arquiinimigo, a desorganização. Será êste demônio maniqueu ou agostiniano? Será uma fôrça contrária à ordem ou a própria ausência de ordem? A diferença entre as duas espécies de demônio se evidenciará na tática a ser usada contra êles. O demônio maniqueu é um antagonista como outro qualquer, decidido a conquistar a vitória, e que usará de qualquer recurso de astúcia ou dissimulação para alcançá-la. Particularmente, manterá em segredo sua tática de confusão, e se dermos qualquer mostra de que começamos a descobri-la, êle a mudará para manter-nos no escuro. Por outro lado, o demônio agostiniano, que não é um poder, por si mesmo, mas a medida de nossa própria fraqueza, talvez exija que utilizemos todo o nosso engenho para descobri-lo; todavia, uma vez que o tenhamos descoberto, tê-lo-emos exorcizado, em certo sentido, e êle não alterará sua política em relação a um assunto já decidido, com a mera intenção de confundir-nos ainda mais. O demônio maniqueu joga uma partida de pôquer contra nós e recorrerá prontamente ao blefe — o que, segundo von Neumann nos explica em sua *Teoria dos Jogos*, visa não apenas simplesmente a capacitar-nos a ganhar com um blefe, mas a evitar que o outro lado ganhe com base na certeza de que não blefaremos.

Comparado com êste ser maniqueu de refinada malícia, o demônio agostiniano é estúpido. Joga um jogo difícil, mas pode ser derrotado tão completamente pela nossa inteligência como por uma aspersão de água benta.

Quanto à natureza do demônio, temos um aforismo de Einstein que é mais que um aforismo; é, realmente, uma afirmação relativa aos fundamentos do método científico: “O Senhor é sutil, mas não é simplesmente maldoso.” Aqui, a palavra “Senhor” é usada para designar aquelas fôrças da Natureza que abarcam o que temos atribuído ao seu humilde servo, o Diabo; e Einstein quer dizer que tais fôrças não blefam. Talvez êsse demônio não tenha sentido muito diverso de Mefistófeles. Quando Fausto perguntou a Mefistófeles o que era êle, teve esta resposta: “Uma parte daquela fôrça que sempre busca o mal e faz sempre o bem.” Por outras palavras, o demônio não conhece limites na sua

habilidade para enganar, e o cientista que busca uma força positiva, decidida a confundir-nos no universo que êle investiga, perde seu tempo. A Natureza oferece resistência à decifração, embora não demonstre habilidade em descobrir novos e indecifráveis métodos para obstruir nossa comunicação com o mundo exterior.

Esta distinção entre a resistência passiva da Natureza e a resistência ativa de um oponente sugere uma distinção entre o cientista pesquisador e o guerreiro ou o jogador. O físico pesquisador dispõe de todo o tempo do mundo para levar avante seus experimentos e não precisa temer que, eventualmente, a Natureza venha a descobrir-lhe os ardis e métodos e a mudar de tática. Por isso, o trabalho dêle é governado pelos seus melhores momentos, ao passo que um jogador de xadrez não pode cometer um êrro sem encontrar pela frente um adversário alerta, pronto a aproveitar-se do êrro para derrotá-lo. Por isso, o jogador de xadrez é governado mais pelos seus piores do que pelos seus melhores momentos. Talvez eu tenha prevenções no tocante a isso, pois verifiquei ser-me possível realizar trabalho científico eficiente em ocasiões em que o meu xadrez é continuamente estragado pela minha incúria nos momentos críticos.

O cientista inclina-se, portanto, a considerar seu oponente como um inimigo digno. Tal atitude é-lhe indispensável para que possa ser um cientista eficiente, mas tende a torná-lo joguête de gente inescrupulosa na guerra e na política. Tem também o efeito de fazer com que seja difícil ao público em geral compreendê-lo, pois o público está muito mais interessado em antagonistas pessoais do que na Natureza como antagonista.

Estamos imersos numa vida em que o mundo, como um todo, obedece à segunda lei da Termodinâmica: a confusão aumenta e a ordem diminui. Entretanto, como vimos, a segunda lei da Termodinâmica, malgrado possa ser uma afirmação válida quanto à totalidade de um sistema fechado, não é absolutamente válida no que concerne a uma

x { parte não-isolada dêsse sistema. Há ilhas locais e tem-

porárias de entropia decrescente num mundo em que a entropia tende a aumentar globalmente, e a existência dessas ilhas possibilita a alguns de nós afirmar a existência de progresso. Que poderemos dizer acêrca do sentido geral da batalha entre progresso e entropia crescente no mundo que nos cerca? } X

A Ilustração, como todos sabemos, acalentou a idéia de progresso, muito embora houvesse, entre os homens do século XVIII, alguns que reconheciam estar tal progresso sujeito a uma lei de rendimentos decrescentes, e que a Idade Áurea da sociedade não diferiria muito do que viam em derredor. A rachadura no edifício da Ilustração, ocasionada pela Revolução Francesa, se fêz acompanhar de dúvidas acêrca do progresso, alhures. Malthus, por exemplo, vê a cultura de sua época prestes a soçobrar no atoleiro do des-governado aumento de população, que tragaría tôdas as aquisições até então feitas pela Humanidade.

A linha de descendência intelectual de Malthus a Darwin é nítida. A grande inovação de Darwin na teoria da evolução foi a de tê-la concebido não como uma espontânea elevação lamarckiana para o superior e o melhor, mas como um fenômeno em que os sêres vivos demonstravam: a) uma tendência espontânea de se desenvolver em muitas direções; e b), uma tendência a obedecer ao padrão de seus antepassados. A combinação dêsses dois efeitos tinha como resultado expungir uma Natureza em ultra-exuberante desenvolvimento e privá-la daqueles organismos que se adaptassem imperfeitamente ao seu meio ambiente, através de um processo de "seleção, natural". A consequência dêsse desbastamento era a de deixar um padrão residual de formas de vida mais ou menos bem adaptadas a seu ambiente. Tal padrão residual, de acôrdo com Darwin, assume a aparência de um finalismo universal.

O conceito de padrão residual voltou a pôr-se em evidência na obra do Dr. W. Ross Ashby, que o utiliza para explicar o conceito de máquinas que aprendem. Observa êle que uma máquina de estrutura assaz fortuita e casual terá certas posições de quase equilíbrio, e certas posições dis-

tantes do equilíbrio, e que os padrões de quase equilíbrio, por sua mesma natureza, durarão longo tempo, ao passo que os outros aparecerão apenas temporariamente. Por conseguinte, tanto na máquina de Ashby como na Natureza de Darwin temos a aparição de finalismo num sistema que não é construído propositadamente, já porque a falta de finalidade é, por sua própria natureza, transitória. Decerto que, no fim de contas, o grande propósito trivial da entropia máxima se revelará o mais duradouro de todos. Mas, nos estágios intermediários, um organismo ou uma comunidade de organismos tenderá a demorar-se mais naqueles modos de atividade em que as diferentes partes trabalhem conjuntamente, de conformidade com um padrão mais ou menos significativo.

Acredito que a brilhante idéia de Ashby, do mecanismo fortuito sem propósito, que busca seu propósito através de um processo de aprendizagem, além de ser uma das grandes contribuições filosóficas da atualidade, conduzirá a progressos técnicos sumamente úteis no campo da automação. Não apenas poderemos construir máquinas para determinados propósitos, mas, na esmagadora maioria dos casos, uma máquina ideada para evitar certas ciladas ocasionadoras de colapso buscará propósitos que possa atender.

A influência de Darwin sobre a idéia de progresso não ficou confinada ao mundo biológico, nem mesmo no século XIX. Todos os filósofos e todos os sociólogos derivaram suas idéias científicas das fontes de que dispunham em sua época. Dessarte, não é de surpreender que Marx e os socialistas de seu tempo aceitassem o ponto de vista darwiniano no que respeitava à evolução e ao progresso.

Em Física, a idéia de progresso se opõe à de entropia, embora não exista contradição absoluta entre ambas. Nas formas de Física que dependam diretamente da obra de Newton, a informação que contribui para o progresso, e que é dirigida contra o aumento de entropia, pode ser conduzida por quantidades de energia extremamente pequenas, ou talvez mesmo por energia nenhuma. Tal concepção foi alterada, no século atual, pela inovação da Física conhecida como *teoria dos quanta*.

A teoria dos quanta levou, para os nossos propósitos, a uma nova associação de energia e informação. Uma forma tosca dessa associação ocorre nas teorias de ruído de linha num circuito telefônico ou num amplificador. Pode-se demonstrar que tal ruído de fundo é inevitável, visto que depende do caráter discreto dos elétrons que conduzem a corrente; no entanto, tem a capacidade manifesta de destruir a informação. O circuito requer, portanto, certo nível de potência de comunicação a fim de que a mensagem não seja obnubilada pela sua própria energia. Ainda mais fundamental do que este exemplo é o fato de que a própria luz tem estrutura atômica, e de que luz de uma determinada frequência se irradia em grumos, que são conhecidos como quanta luminosos, que têm uma determinada energia dependente dessa frequência. Por isso, não pode haver radiação de energia menor que a de um quantum luminoso. A transferência da informação não pode ocorrer sem certo dispêndio de energia, de modo que não existe nítida delimitação entre acoplamento energético e acoplamento informacional. Não obstante, para a maior parte dos propósitos práticos, um quantum luminoso é algo minúsculo, e a quantidade de energia que se torna necessário transferir para obter efetivo acoplamento informacional é deveras pequena. Segue-se disso que, quando se considera um processo local como o crescimento de uma árvore ou de um ser humano, o qual depende direta ou indiretamente da radiação solar, um enorme decréscimo local de entropia pode estar associado a uma transferência de energia assaz moderada. Este é um dos fatos fundamentais da Biologia, e, particularmente, da teoria da fotossíntese ou do processo químico por via do qual uma planta fica capacitada a utilizar os raios de Sol para formar amido, e outras complicadas substâncias químicas necessárias à vida, a partir da água e do bióxido de carbono do ar.

Dessa forma, o problema de interpretar pessimisticamente ou não a segunda lei da Termodinâmica depende da importância que atribuamos ao universo em conjunto, por um lado, e das ilhas de entropia decrescente que nêles encontramos, por outro. Lembremo-nos de que nós mesmos

constituímos uma dessas ilhas de entropia decrescente, e de que vivemos em meio a outras ilhas que tais. A consequência disso é que a diferença prospectiva normal entre o próximo e o remoto leva-nos a dar muito maior importância às regiões de entropia decrescente e ordem crescente do que ao universo em conjunto. Por exemplo, pode muito bem acontecer que a vida seja um fenômeno raro no universo, confinado talvez ao sistema solar, ou mesmo, se considerarmos a vida num nível comparável àquele em que estamos principalmente interessados, à Terra apenas. Não obstante, vivemos nesta Terra, e a possível ausência de vida alhures no universo não tem grande importância para nós; certamente, não terá importância proporcional às esmagadoras dimensões do restante do universo.

Outrossim, é assaz concebível que a vida seja própria de uma limitada extensão de tempo; que, antes das mais recuadas eras geológicas, ela não existisse, e que pode muito bem vir ainda o tempo em que a Terra seja de novo um planêta sem vida, calcinado ou congelado. Para aqueles de nós que tenham consciência do âmbito extremamente limitado de condições físicas sob as quais as reações químicas necessárias à vida tal como a conhecemos, podem ocorrer, é uma conclusão antecipada a de que o providencial acidente que permite a continuação da vida, sob qualquer forma, na Terra, mesmo sem restringir a vida a algo assim como a vida humana, está fadado a completo e desastroso término. Entretanto, podemos lograr estruturar nossos valores de forma a que tal acidente temporário da existência viva, e o ainda mais temporário acidente da existência humana, possam ser considerados como valores positivos de suma importância, a despeito de seu caráter transitório.

Num sentido muito real, somos náufragos num planêta condenado. Todavia, mesmo num naufrágio, as regras de decôro e os valores humanos não desaparecem necessariamente, e cumpre-nos tirar o maior proveito dêles. Iremos ao fundo, sim, mas que seja pelo menos de uma maneira que possamos considerar à altura de nossa dignidade.

Até agora, estivemos a falar de um pessimismo que é muito mais o pessimismo intelectual do cientista de profissão que o pessimismo emocional que toca o leigo. Já vimos que a teoria da entropia, e as considerações acerca da morte calórica final do universo, não precisam ter as conseqüências morais tão profundamente deprimentes que pareciam ter à primeira vista. Contudo, mesmo esta consideração restrita do futuro é alheia à euforia emocional do homem comum, e, particularmente, do norte-americano comum. O melhor que podemos esperar, no tocante ao papel do progresso num universo globalmente em declínio, é que a visão de nossos esforços para progredir em face da esmagadora necessidade possa ter o terror catártico da tragédia grega. *Vivemos, porém, numa época não muito receptiva à tragédia.*

A educação da criança norte-americana pertencente à classe média superior busca resguardá-la solícitamente da consciência da morte e do destino. Ela é criada numa atmosfera de Papai Noel; e quando vem a saber que Papai Noel é um mito, chora amargamente. Na verdade, nunca aceita integralmente a remoção dessa deidade do seu Panteão e, adulto, passa boa parte de sua vida à procura de algum substituto emotivo.

A realidade da morte individual, a iminência da calamidade, são-lhe impostas pelas experiências de seus anos posteriores. Malgrado isso, tenta relegar tais realidades desagradáveis à condição de acidentes e edificar, sobre a Terra, um Céu no qual os aborrecimentos não tenham vez. Esse Céu na Terra consiste, para êle, num eterno progresso e numa contínua ascensão para Coisas Maiores e Melhores.

Nosso culto do progresso pode ser discutido de dois pontos de vista: o real e o ético, isto é, o que propicia padrões para a aprovação ou desaprovação. No plano da realidade, êle sustenta que os progressos feitos no passado no campo das descobertas geográficas, cujo início corresponde aos primórdios dos tempos modernos, deverão ter continuidade num período ilimitado de invenções, de descoberta de novas técnicas para o domínio do meio ambiente do homem. Tal período, dizem os crentes do progresso, prosseguirá sem término visível, num futuro não remoto demais para a con-

templação humana. Os que defendem a idéia de progresso como um princípio ético encaram êsse processo de mudança, ilimitado e quase espontâneo, como uma *Coisa Boa*, como o penhor da sua garantia às futuras gerações de que terão um Céu na Terra. É possível acreditar no progresso como um fato sem acreditar no progresso como um princípio ético; entretanto, no catecismo de muitos norte-americanos, um se faz acompanhar do outro.

Na maior parte, estamos imbuídos por demais da idéia de progresso para nos darmos conta quer do fato de que tal crença é própria de apenas uma pequena parte da História registrada quer do fato de que representa nítida ruptura de nossas tradições e profissões de fé religiosa. Nem para o católico ou o protestante, nem para o judeu, é o mundo um *bom* lugar, de que se possa esperar uma felicidade duradoura. Pela virtude, a igreja oferece uma paga, não em qualquer moeda corrente entre os Reis da Terra, mas como uma nota promissória pagável no Céu.

Em essência, o Calvinismo também aceita essa concepção, com a sombria nota adicional de que os Eleitos de Deus, que irão passar incólumes pelos terríveis exames finais do Dio do Juízo, são poucos e serão escolhidos por arbitrária decisão Sua. Para merecê-la, não se espere que qualquer virtude terrena, qualquer retidão moral, seja de alguma valia, por mínima que seja. Muitos homens bons se danarão. A bem-aventurança que nem no Céu os calvinistas esperam encontrar para si mesmos, certamente não esperam encontrá-la na Terra.

Os profetas hebreus estão longe de ser joviais em sua avaliação do futuro da Humanidade ou mesmo de sua Israel eleita; e o grande drama alegórico e moral de Jó, embora lhe propicie uma vitória do espírito, e embora o Senhor haja por bem devolver-lhe seus rebanhos, seus servos e suas espôsas, não lhe dá, todavia, nenhuma garantia de que tal desfecho relativamente feliz tivesse ocorrido não fôsse a arbitrariedade de Deus.

O comunista, como o crente do progresso, busca o seu Céu na Terra, em vez de considerá-lo como uma recompensa

pessoal a ser recebida numa existência individual ultraterrena. Não obstante, acredita que este Céu na Terra não advirá sem luta. Mostra-se tão cético em relação aos rios de mel do Futuro quanto às delícias do Paraíso após a morte. Tampouco o Islã, cujo próprio nome significa resignação à vontade de Deus, tem maior receptividade para o ideal de progresso. Do Budismo, com sua expectativa do Nirvana e da libertação da Roda da Circunstância externa, não preciso dizer nada: opõe-se inexoravelmente à idéia de progresso, e o mesmo acontece com tôdas as religiões afins da Índia.

A par da confortadora crença passiva no progresso, que muitos norte-americanos partilhavam ao fim do século XIX, existe outra que parece ter uma conotação mais masculina, mais vigorosa. Para o norte-americano médio, progresso significa a conquista do Oeste. Significa a anarquia econômica da fronteira e a prosa vigorosa de Owen Wister e Theodore Roosevelt. Historicamente, a fronteira é, sem dúvida, um fenômeno perfeitamente genuíno. Durante muitos anos, o desenvolvimento dos Estados Unidos se fez tendo por pano de fundo as terras desertas que se estendiam sempre mais para o Oeste. Malgrado isso, muitos dos que se fizeram poéticos no tocante a essa fronteira foram apolo-gistas do passado. Já em 1890, o censo toma conhecimento do término das verdadeiras condições fronteiriças. Os limites geográficos da grande reserva de recursos não-consumidos e não-solicitados do país estavam manifestamente estabelecidos.

É difícil, para a pessoa comum, chegar a uma perspectiva histórica em que o progresso tenha sido reduzido às suas devidas dimensões. O mosquete com que se combateu na maior parte da Guerra Civil representava apenas ligeiro aperfeiçoamento do que se usou em Waterloo, que, por sua vez, quase era intercambiável com a "Brown Bess" do exército de Marlborough nos Países Baixos. Não obstante, armas de fogo portáteis existiam desde o século XV, ou antes, e o canhão remontava a mais de cem anos atrás. É de se duvidar que o mosquete de alma lisa tenha jamais excedido, em alcance, o melhor dos arcos de mão, e é certo

que jamais os igualou em precisão ou velocidade de tiro; no entanto, o arco de mão é uma invenção, quase que sem aperfeiçoamentos, da Idade da Pedra.

Outrossim, conquanto a arte de construção naval não estivesse, de modo algum, completamente estacionária, os navios de guerra, de madeira, pouco antes de terem deixado os mares, eram de uma estrutura que permanecera basicamente inalterada desde os primórdios do século XVII e que, mesmo então, revelava uma ascendência que remontava a muitos séculos. Qualquer um dos marinheiros de Colombo teria sido valioso e hábil navegador a bordo dos navios de Farragut. Mesmo um dos marujos do barco que levou S. Paulo a Malta ter-se-ia sentido perfeitamente à vontade como tripulante do castelo de proa num dos navios de Joseph Conrad. Um criador de gado da fronteira dácia, nos tempos de Roma, se revelaria um *vaquero* deveras competente para conduzir bois de chifre longo das planícies do Texas até a estação terminal, embora pudesse ficar atônito com o que fôsse encontrar quando ali chegasse. Um administrador de uma propriedade de um templo babilônico não careceria de adestramento especial, nem em Contabilidade nem quanto ao modo de gerir escravos, para tomar conta de uma plantação sulina antiga. Em suma, o período durante o qual as condições básicas de vida da grande maioria dos homens se viu sujeita a mudanças repetidas e revolucionárias não havia sequer começado na Renascença e na época das grandes navegações, e só assumiu o ritmo acelerado que hoje consideramos normal em pleno século XIX.

Nessas circunstâncias, não adianta ir procurar, na História mais antiga, paralelos para as invenções, bem sucedidas, da máquina a vapor, do barco a vapor, da locomotiva, da moderna fundição de metais, do telégrafo, do cabo transoceânico, da introdução da energia elétrica, da dinamite e dos modernos mísseis de grande potência explosiva, do aeroplano, da válvula eletrônica e da bomba atômica. As invenções metalúrgicas que anunciaram o início da Idade do Bronze não são tão concentradas no tempo nem tão multiformes que possam oferecer um bom exemplo em contrário. O economista clássico pode muito bem assegu-

rar-nos, suavemente, que tais mudanças são puramente de grau, e que mudanças de grau não invalidam os paralelos históricos. A diferença entre uma dose medicinal e uma dose fatal de estricnina é também apenas de grau.

A História científica e a Sociologia científica se baseiam na concepção de que os vários casos especiais tratados têm similitude bastante para que os mecanismos sociais de um período sejam apropriadamente para os de outro período. Contudo, é certamente verdade que toda a escala dos fenômenos se alterou o suficiente, desde os primórdios da História moderna, para impossibilitar qualquer transferência, para o tempo atual, de conceitos políticos, raciais e econômicos derivados de estágios anteriores. Quase tão óbvio quanto isso é o fato de que o período moderno, iniciado pela era das descobertas, é, ele próprio, altamente heterogêneo.

Na era das descobertas, a Europa se tornara consciente, pela primeira vez, da existência de grandes zonas, escassamente povoadas, capazes de abrigar uma população maior que a européia; uma terra cheia de recursos inexplorados, não apenas ouro e prata como também outros produtos comerciais. Esses recursos pareciam inexauríveis e, de fato, na escala em que vivia a sociedade de 1500, seu esgotamento e a saturação da população dos novos países parecia muito remota. Quatrocentos e cinquenta anos é muito mais do que a maioria das pessoas se digna a considerar como futuro.

Todavia, a existência de novas terras encorajava uma atitude não diversa da do Chá Doido de Alice. Quando o chá e os bolos de um lugar acabavam, a providência natural tomada pelo Chapeleiro Doido e a Lebre de Março era a de se mudar para o lugar contíguo. Quando Alice perguntou o que aconteceria quando voltassem, finalmente, ao lugar inicial, a Lebre de Março mudou de assunto. Para aqueles cujo pretérito histórico era de menos de cinco mil anos e que estavam na expectativa de que o Milênio e o Dio do Juízo Final pudessem alcançá-los em muito menos tempo, esta conduta do Chapeleiro Doido parecia a mais sensata. A medida que o tempo foi passando, a mesa de

chá das Américas demonstrou não ser inexaurível, e, na realidade, a velocidade com que um lugar vem sendo abandonado e trocado por outro tem estado a aumentar num ritmo que ainda é provavelmente crescente.

O que muitos de nós não logram compreender é que os últimos quatrocentos anos constituem um período muitíssimo especial na história do mundo. A velocidade com que, durante êsses anos, as mudanças têm ocorrido não encontra paralelo na História mais antiga, como também não o encontra a própria natureza de tais mudanças. Isso é, em parte, o resultado de maior comunicação, e, também, de crescente domínio da Natureza, o qual, num planêta limitado como a Terra, pode revelar-se, no fim de contas, como uma crescente escravidão à Natureza. Pois quanto mais tiramos do mundo, menos deixamos, e, no fim de contas, teremos de pagar nossos débitos num tempo que talvez seja muito inconveniente para a nossa própria sobrevivência. Somos escravos de nosso aperfeiçoamento técnico e não mais podemos fazer com que uma granja de New Hampshire volte à condição de auto-suficiência em que se mantinha por volta de 1800, assim como não podemos acrescentar um côvado à nossa estatura ou, o que seria mais apropriado, diminuí-la. Modificamos tão radicalmente nosso meio ambiente que devemos agora modificar-nos a nós mesmos para poder viver nesse nôvo meio ambiente. Não mais podemos viver no antigo. O progresso não só impõe novas possibilidades para o futuro como também novas restrições. Parece quase como se o próprio progresso e a nossa luta contra o aumento de entropia devessem terminar no caminho descendente do qual estamos tentando escapar. Entretanto, êsse sentimento pessimista condiciona-o apenas nossa cegueira e inatividade, pois estou convencido de que uma vez que tomemos consciência das novas necessidades que o nôvo meio ambiente nos impõe, assim como dos novos meios de que dispomos para atender a tais necessidades, talvez decorra longo tempo para que nossa civilização e nossa raça humana venham a perecer, embora tenham de perecer, assim como todos nós nascemos para morrer. Contudo, a perspectiva de uma morte final está longe de

se constituir em completa frustração da vida; isso é tão verdadeiro para a civilização e a raça humana quanto para cada um de seus indivíduos componentes. Possamos nós ter, para enfrentar a eventual ruína de nossa civilização, a mesma coragem com que enfrentamos a certeza de nossa morte pessoal. A simples fé no progresso não é uma convicção própria da força, mas própria da aquiescência e, por isso, da fraqueza.

III

RIGIDEZ E APRENDIZAGEM: DOIS PADRÕES DO COMPORTAMENTO COMUNICATIVO

Certos tipos de máquinas e alguns organismos vivos — particularmente os organismos vivos superiores — podem, como vimos, modificar seus padrões de comportamento com base na experiência passada, de modo a alcançar fins anti-entrópicos. Nessas formas superiores de organismos comunicativos, o meio ambiente, considerado como a experiência pretérita do indivíduo, pode modificar o padrão de comportamento para outro capaz de, neste ou naquele sentido, haver-se mais eficientemente com o futuro meio ambiente.

X { Por outras palavras, o organismo não é como a mônada de relojoaria de Leibnitz, com a sua harmonia preestabelecida com o universo; busca êle, na realidade, um nôvo equilíbrio com o universo e suas futuras contingências. Seu presente é diverso de seu passado e seu futuro difere do seu presente. No organismo vivo, como no próprio universo, a repetição exata é absolutamente impossível.

A obra do Dr. W. Ross Ashby constitui, provavelmente, a maior contribuição moderna nesse campo, na medida em que se preocupa com as analogias entre organismos vivos e máquinas. A aprendizagem, como as formas mais primitivas de realimentação, é um processo que tem diferentes registros, conforme seja lido de trás para a frente, ou vice-versa, no tempo. A concepção tôda do organismo aparentemente intencional, quer seja mecânico, biológico

ou social, é a de uma flecha com uma direção específica no fluxo do tempo, não a de um segmento de linha defrontando ambas as direções, que possamos encarar como orientando uma e outra. A criatura que aprende não é a anfibena mítica dos antigos, com uma cabeça em cada extremidade e sem qualquer preocupação com a direção em que esteja indo. Ela avança de um passado conhecido para um futuro desconhecido, e êste futuro não é permutável com aquêle passado.

Permitam-me dar ainda outro exemplo da realimentação que esclarecerá suas funções no respeitante à aprendizagem. Quando as grandes salas de contrôle das eclusas do Canal do Panamá estão em uso, constituem-se em centros de mensagens bidirecionais. Não saem dali apenas mensagens para controlar o movimento de duas locomotivas de sirga, a abertura e fechamento das eclusas, e a abertura e fechamento das comportas; a sala de contrôle está repleta, outrossim, de sinais que indicam não sòmente que as locomotivas, as eclusas e as comportas receberam suas ordens, como também que as cumpriram efetivamente. Não fôsse êsse o caso e o mestre das eclusas poderia muito facilmente supor que as locomotivas de sirga tinham parado e que poderiam lançar a mole enorme de um couraçado contra as comportas, ou ocasionar alguma das muitas catástrofes possíveis.

Êsse princípio de contrôle se aplica não apenas às eclusas do Panamá, mas aos Estados, exércitos e sêres humanos individuais. Quando, na Revolução Americana, ordens já redigidas deixaram, por negligência, de sair da Inglaterra, determinando que um exército britânico descesse do Canadá para encontrar-se, em Saratoga, com outro exército britânico que subia de Nova Iorque, as fôrças de Burgoyne sofreram uma derrota catastrófica, que um programa bem planejado de comunicações bidirecionais teria evitado. Segue-se que os funcionários administrativos, quer sejam de um govêrno, de uma universidade, ou de uma companhia comercial ou industrial, deveriam tomar parte num fluxo bidirecional de comunicação, e não apenas num fluxo descendente, do alto. Outrossim, os funcionários de direção

podem bem descobrir que fundamentaram sua orientação numa interpretação totalmente errônea dos fatos que seus subordinados possuem. Além disso, não há tarefa mais árdua para um conferencista do que falar a uma audiência apática. A finalidade do aplauso no teatro — finalidade essencial — é a de estabelecer, na mente do artista, uma certa dose de comunicação bidirecional.

Esta questão da realimentação social é do maior interesse social e antropológico. Os padrões de comunicação nas sociedades humanas variam amplamente. Existem comunidades, como a do esquimós, na qual parece não haver chefia e a subordinação é mínima, de forma que a base da comunidade social é, simplesmente, o desejo comum de sobreviver, *malgrado as enormes desvantagens de clima e suprimentos alimentares.* Existem comunidades socialmente estratificadas, tais como as que se encontram na Índia, nas quais os meios de comunicação entre dois indivíduos estão estritamente restringidos e modificados por sua ascendência e posição. Há comunidades governadas por déspotas em que tôda relação entre dois súditos permanece secundária face à relação entre o súdito e seu rei. Existem as comunidades feudais hierárquicas de senhor e vassalo, com as técnicas assaz especiais de comunicação social que implicam.

Na maioria, nós, nos Estados Unidos, preferimos viver numa comunidade social moderadamente frouxa, na qual os obstáculos para a comunicação entre indivíduos e classes não sejam por demais grandes. Não direi que semelhante ideal de comunicação tenha sido atingido nos Estados Unidos. Enquanto a supremacia branca não deixar de ser o credo de grande parte do país, será um ideal não alcançado. Entretanto, mesmo esta democracia modificada e informe é anárquica demais para muitos dos que fazem da eficiência seu ideal básico. Tais adoradores da eficiência gostariam que cada homem se movesse numa órbita social, que lhe fôsse assinalada desde a infância, e que realizasse a função a que estivesse obrigado, assim como o servo estava acorrentado à gleba. Dentro do quadro social norte-americano, é vergonhoso ter tais anseios e tal negação das oportunidades implícitas num futuro incerto. Por conseguinte,

muitos dos que se afeiçoaram deveras a êsse Estado ordeiro, de funções permanentemente designadas, ficariam desconcertados se se vissem forçados a admitir sua crença publicamente. Estão êles numa posição em que mal podem demonstrar claramente suas preferências através de suas ações. No entanto, tais ações se destacam nitidamente. O homem de negócios que se separa a si próprio de seus empregados por meio de um anteparo de amenistas, ou o dirigente de um grande laboratório que atribui a cada subordinado um problema específico e mal lhe concede o privilégio de pensar por si mesmo, de modo a que possa ir além do seu problema imediato para perceber-lhe a relevância geral — demonstram que a democracia a que prestam suas homenagens não é realmente a ordem em que prefeririam viver. O Estado de organização simétrica, de funções predeterminadas, para o qual gravitam, sugere os autômatos leibnitzianos e não o movimento irreversível para um futuro contingente, que constitui a verdadeira condição da vida humana.

Numa comunidade de formigas, cada obreira desempenha a sua devida função. Pode existir uma casta separada de soldados. Certos indivíduos altamente especializados exercem as funções de rei e rainha. Fôsse o homem adotar tal comunidade como padrão, viveria num Estado fascista, no qual, idealmente, cada indivíduo é condicionado desde o berço para a sua devida ocupação; no qual dirigentes são perpétuamente dirigentes, soldados perpétuamente soldados, o campônio nunca é mais que campônio e o operário está condenado a ser operário.

A tese dêste capítulo é a de que essa aspiração fascista a um Estado humano baseado no modelo da formiga resulta de um conceito profundamente falso tanto da natureza da formiga quanto da natureza do homem. Quero assinalar que o próprio desenvolvimento físico do inseto condiciona-o a ser um indivíduo essencialmente estúpido, incapaz de aprender, vazado num molde que não pode ser grandemente modificado. Quero também mostrar que essas condições fisiológicas convertem-no num artigo barato, produzido em massa, sem maior valor individual que um

prato de papel que se atira fora depois de usado. Por outro lado, quero mostrar que o indivíduo humano, capaz de vasta aprendizagem e estudo, que lhe podem ocupar quase metade da vida, está fisicamente equipado, como não o está a formiga, para o exercício dessa capacidade. A variedade e a possibilidade são inerentes ao *sensório humano* — e se constituem, de fato, na chave dos mais nobres arroubos humanos — porque a variedade e a possibilidade pertencem à própria estrutura do nosso organismo.

Conquanto seja possível deitar fora esta enorme vantagem que temos sobre as formigas, e organizar o Estado fascista à moda da formiga com material humano, certamente que considero isso uma degradação da própria natureza do homem e, economicamente, um desperdício dos grandes valores humanos que êle possui.

Receio estar convencido de que uma comunidade de seres humanos é coisa muito mais útil que uma comunidade de formigas, e de que se o ser humano fôr condenado a realizar a mesma função restrita repetidamente, não chegará sequer a ser uma boa formiga, quanto mais um bom ser humano. Aquêles que querem organizar-nos de acôrdo com funções individuais permanentes e restrições individuais permanentes condenam a raça humana a funcionar a menos que a meio vapor. Atiram fora quase tôdas as nossas humanas possibilidades e, com limitar as maneiras por que nos podemos adaptar a futuras contingências, reduzem nossas oportunidades de uma existência razoavelmente longa sobre a face da Terra.

Passemos agora à discussão das restrições na constituição da formiga que lhe converteram a comunidade na coisa tão peculiar que é. Essas restrições têm origem profunda na anatomia e fisiologia do inseto individual. Tanto o inseto quanto o homem são formas que respiram ar e representam o fim de uma longa transição, da vida cômoda do animal aquático para as exigências muito mais severas do terrestre. Essa transição da água para a terra, onde quer que ocorresse, envolveu radicais aperfeiçoamentos na respiração, na circulação em geral, no suporte mecânico do organismo e nos órgãos sensoriais.

O refôrço mecânico dos corpos dos animais terrestres se verificou em vários e independentes sentidos. No caso da maior parte dos moluscos, bem como no caso de certos outros grupos que, embora não aparentados, assumiram forma semelhante, no geral, à dos moluscos, parte das superficies externas secretam uma massa não-viva de tecido calcário, a concha. Esta se desenvolve por acresção, desde um estágio inicial do animal até o fim da sua vida. As formas espirais e helicoidais dêesses grupos podem ser explicadas tão-sòmente por tal processo de acresção.

Se cumpre à concha continuar a ser proteção adequada para o animal, e êste alcance tamanho considerável em seus estágios posteriores, a concha deve ser uma carga deveras apreciável, adequada apenas para animais terrestres que tenham a vida inativa, de lenta movimentação, do caracol. Em outros animais portadores de concha, esta é mais leve e, constituindo-se em menor carga, oferece, ao mesmo tempo, menor proteção. A estrutura de concha, com sua pesada carga mecânica, alcançou limitado êxito entre os animais terrestres.

O próprio homem representa outra direção de desenvolvimento — uma direção encontrada de um extremo a outro dos vertebrados, e pelo menos indicada em invertebrados altamente desenvolvidos como o límulo e o octópode. Em tôdas essas formas, certas partes internas do tecido conjuntivo assumem uma consistência que não é mais fibrosa, mas antes a de uma geléia muito dura, rígida. Tais partes do corpo são chamadas *cartilagem* e servem para prender os poderosos músculos de que os animais precisam para uma vida ativa. Nos vertebrados superiores, êste esqueleto cartilaginoso primordial serve como andaime temporário para um esqueleto de material bem mais duro, a saber, osso, que é ainda muito mais satisfatório para a fixação de músculos poderosos. Êsses esqueletos, de osso ou cartilagem, contêm grande quantidade de tecido que não é vivo, em sentido estrito; todavia, por tôda esta massa de tecido intercelular, há uma estrutura viva de células, membranas celulares e vasos sangüíneos nutrientes.

Os vertebrados desenvolveram não apenas esqueletos internos como, igualmente, outros caracteres que lhes servem para uma vida ativa. Seu sistema respiratório, quer assuma a forma de guelras ou de pulmões, está primorosamente adaptado para o intercâmbio ativo de oxigênio entre o meio externo e um sangue, sendo que este é muito mais eficiente que o sangue do invertebrado comum por ter o seu pigmento respiratório, que transporta o oxigênio, concentrado em corpúsculos. Tal sangue é bombeado através de um sistema fechado de vasos, em vez de o ser por um sistema aberto de cavidades irregulares, por meio de um coração de eficiência relativamente elevada.

Os insetos e os crustáceos, e, na realidade, todos os artrópodes, têm estrutura apropriada para um tipo totalmente diverso de desenvolvimento. A parede externa do corpo é circundada por uma camada de quitina, secretada pelas células da epiderme. Esta quitina é uma substância rígida, relacionada muito de perto com a celulose. Nas juntas, a camada de quitina é tênue e moderadamente flexível, mas, no restante do corpo do animal, converte-se naquele sólido esqueleto externo que vemos na lagosta e na barata. Um esqueleto interno, como o do homem, pode crescer como o animal. Um esqueleto externo (a menos que, como a concha do caracol, cresça por acresção) não pode. É tecido morto e não possui nenhuma capacidade intrínseca de desenvolvimento. Serve para propiciar constante defesa ao corpo e fixação aos músculos, mas equivale a um colête rígido.

Entre os artrópodes, o crescimento interno só se pode converter em externo pela rejeição do antigo colête rígido e pelo desenvolvimento, sob êle, de um nôvo colête, que é a princípio mole e flexível e pode assumir nova forma ligeiramente maior, mas que cedo adquire a rigidez do seu predecessor. Por outras palavras, os estágios de crescimento são marcados por mudas definidas, relativamente freqüentes nos crustáceos e muito menos freqüentes no inseto. Há diversos estágios possíveis, desse tipo, durante o período larval. O período pupal representa uma muda de transição, no qual as asas, que não haviam sido funcionais na larva,

se desenvolvem internamente para atingir condição de funcionalidade. Esta se efetiva quando o estágio pupal pré-final, e a muda que o conclui, dão origem a um adulto perfeito. O adulto nunca mais muda. Encontra-se no seu estágio sexual, e embora, na maioria dos casos, continue capaz de ingerir alimento, há insetos nos quais os órgãos bucais e o tubo digestivo do adulto são abortados, de modo que a *imago*, como é chamada, pode apenas acasalar-se, pôr ovos e morrer.

O sistema nervoso toma parte nesse processo de dilaceramento e edificação. Conquanto haja certo número de indícios de que alguma memória persiste, da larva até a imago, tal memória não pode ser muito ampla. *A condição fisiológica necessária para a memória, e, em consequência, para a aprendizagem, parece ser certa continuidade de organização, que possibilita que as alterações produzidas pelas impressões sensoriais externas sejam conservadas como mudanças de estrutura ou função mais ou menos permanentes.* A metamorfose é por demais radical para que possa deixar registro duradouro de tais mudanças. É difícil, realmente, conceber uma memória de alguma precisão que possa sobreviver a êsse processo de radical reconstrução interna.

Há outra limitação para o inseto, devida ao seu método de respiração e circulação. O coração do inseto é uma estrutura tubular assaz deficiente e débil, que desemboca, não em vasos sanguíneos bem definidos, mas em vagas cavidades ou seios que levam o sangue até os tecidos. Esse sangue não tem corpúsculos pigmentados, e transporta os pigmentos sanguíneos em solução. Semelhante modo de transporte de oxigênio parece ser definidamente inferior ao método corpuscular.

Além disso, o método de oxigenação dos tecidos do inseto faz, no máximo, uma utilização local do sangue. O corpo do animal contém um sistema de túbulos ramificados, que levam o ar diretamente do exterior até os tecidos a serem oxigenados. Êsses túbulos são enrijados por fibras helicoidais de quitina, para evitar dobras, e estão, assim, permanentemente abertos, mas não existe, em parte

alguma, indício de um sistema ativo e eficiente de bombeamento de ar. A respiração ocorre somente por difusão.

Atente-se para o fato de que os mesmos túbulos transportam, por difusão, o ar bom e o ar gasto, poluído por bióxido de carbono, até a superfície externa. Num mecanismo de difusão, o tempo de difusão não varia em função do comprimento do tubo, mas do quadrado do comprimento. Dessarte, em geral, a eficiência de tal sistema tende a decrescer muito rapidamente com o tamanho do animal, e a cair abaixo do ponto de sobrevivência para um animal de tamanho já considerável. Portanto, o inseto não só é estruturalmente incapaz de ter uma memória de primeira ordem como também estruturalmente incapaz de alcançar um tamanho eficaz.

Para melhor perceber a significação desta limitação de tamanho, comparemos duas estruturas artificiais — a casa de moradia e o arranha-céu. A ventilação de uma casa é satisfatoriamente atendida pela vazão do ar à volta dos caixilhos das janelas, para não mencionar a tiragem da chaminé. Não é necessário nenhum sistema especial de ventilação. Por outro lado, num arranha-céu com quartos dentro de quartos, a uma parada do sistema de ventilação forçada seguir-se-ia, em poucos minutos, intolerável corrupção do ar nos espaços de trabalho. A difusão, ou mesmo a convecção, não bastam para ventilar uma estrutura que tal.

O tamanho máximo absoluto de um inseto é menor do que o que um vertebrado pode atingir. Por outro lado, os elementos últimos de que se compõe o inseto não são sempre menores que os do homem ou mesmo de uma baleia. O sistema nervoso partilha desse pequeno tamanho, e, no entanto, consiste de neurônios não muito menores que os do cérebro humano, embora em quantidade bem mais reduzida e de estrutura muito menos complexa. Em matéria de inteligência, seria de esperar-se que contasse não apenas o tamanho relativo do sistema nervoso como, em grande parte, seu tamanho absoluto. Não há simplesmente lugar, na reduzida estrutura de um inseto, para um

sistema nervoso de grande complexidade, nem para uma memória armazenada considerável.

Em vista da impossibilidade de tal memória, e do fato de que a juventude de um inseto como a formiga decorre numa forma que está isolada da fase adulta pela catástrofe intermédia da metamorfose, não há oportunidade para a formiga aprender muito. Acrescente-se a isso o fato de que o comportamento no estágio adulto deve ser virtualmente perfeito desde o princípio, e torna-se evidente que as instruções recebidas pelo sistema nervoso do inseto devem ser muito mais resultado da maneira por que está estruturado do que por qualquer experiência pessoal. Desarte, o inseto é bem como aquêle tipo de computador cujas instruções estão tôdas registradas prèviamente nas "fitas" e que quase não tem mecanismo realimentador para se haver com as incertezas do futuro. O comportamento de uma formiga é muito mais questão de instinto que de inteligência. *O colête têsso dentro do qual o inseto se desenvolve no plano físico é responsável pelo colête têsso que, no plano mental, lhe regula o padrão de comportamento.*

Neste ponto, o leitor poderá dizer: "Bem, já sabemos que, como indivíduo, a formiga não é muito inteligente; então, por que tôda essa complicação para explicar por que razão não pode ser inteligente?" A resposta é a de que *a Cibernética adota a concepção de que a estrutura da máquina ou organismo é um índice do desempenho que dela se pode esperar.* O fato de a rigidez mecânica do inseto ser de molde a limitar-lhe a inteligência, enquanto a fluidez mecânica do ser humano lhe possibilita expansão intelectual quase indefinida, é altamente relevante para o ponto de vista dêste livro. Teòricamente, se pudéssemos construir uma máquina cuja estrutura mecânica reproduzisse a fisiologia humana, teríamos então uma máquina cuja capacidade intelectual seria uma reprodução da dos seres humanos. X

No que respeita à rigidez de comportamento, o maior contraste para a formiga não é apenas o mamífero em geral, mas o homem em particular. Já se observou, repetidas vêzes, que o homem é uma forma neotênica, vale dizer: se

o compararmos com os grandes símios, seus parentes mais próximos, verificaremos que o homem maduro, no que respeita a cabelos, cabeça, aspecto, proporções corporais, estrutura óssea, músculos, etc., se parece mais com o símio recém-nascido do que com o adulto. Entre os animais, o homem é um Peter Pan que não cresce nunca.

Essa imaturidade de estrutura anatômica corresponde à prolongada infância humana. Fisiologicamente, o homem não chega à puberdade senão depois de já ter completado um quinto de seu tempo normal de vida. Comparemos isto com a proporção no caso de um camundongo, que vive três anos e começa a procriar ao cabo de três meses de vida. A proporção é de doze para um. A proporção do camundongo esta muito mais perto de ser típica da grande maioria dos mamíferos que a proporção humana.

Para a maior parte dos mamíferos, a puberdade representa ou o término de sua época de tutela, ou se situa muito além dela. Em nossa comunidade, considera-se o homem imaturo até a idade de vinte e um anos, e o período moderno de educação, para as profissões de mais alta categoria, prolonga-se até os trinta anos, bastante além do tempo de maior vigor físico, portanto. Dessarte, o homem gasta o equivalente a quarenta por cento de sua vida normal a aprender, por razões que, mais uma vez, têm a ver com a sua estrutura física. É tão natural, para uma sociedade humana, fundar-se no aprendizado, quanto o é, para uma sociedade de formigas, fundar-se num padrão herdado.

Como todos os demais organismos, o homem vive num universo contingente, mas a vantagem dele sobre o resto da Natureza é a posse do equipamento fisiológico — e, portanto, intelectual — necessário para adaptar-se às mudanças radicais do seu meio ambiente. A espécie humana é forte apenas na medida em que se aproveite das facilidades inatas de adaptação, de aprendizagem, que sua estrutura fisiológica torna possíveis.

Já mostramos que o comportamento eficaz tem de estar informado por alguma espécie de processo de realimentação, que lhe diga se alcançou ou deixou de alcançar seu

objetivo. As realimentações mais simples ocupam-se dos êxitos ou malogros de desempenho mais grosseiro, como o de se logramos pegar um objeto que estávamos tentando apanhar, ou se a guarda avançada de um exército se encontra no lugar indicado na hora indicada. Todavia, existem muitas outras formas de realimentação, de natureza mais sutil.

É-nos amiúde necessário saber se tóda uma política de conduta, uma estratégia, por assim dizer, se revelou bem sucedida ou não. O animal ao qual ensinamos atravessar um labirinto para achar comida ou evitar choques elétricos, deve ser capaz de registrar se o plano geral da corrida pelo labirinto foi, em fim de contas, bem sucedido ou não, e deve ser igualmente capaz de alterar tal plano a fim de percorrer o labirinto de maneira eficaz. Essa forma de aprendizagem é, sem dúvida alguma, uma realimentação, mas uma realimentação de nível mais alto, uma realimentação de condutas e não de simples ações. Difere de realimentações mais elementares por aquilo a que Bertrand Russel chamaria seu "tipo lógico".

Tal padrão de comportamento pode ser também encontrado em máquinas. Uma recente inovação na técnica de comutação telefônica propicia uma interessante analogia mecânica para a faculdade adaptativa do homem. Por tóda a indústria telefônica, a comutação automática vai alcançando rápida vitória sôbre a comutação manual, e bcm nos pode parecer que as formas existentes de comutação automática constituem um processo quase perfeito. Entretanto, basta pensar um pouco para ver que o processo atual esbanja muito equipamento. O número de pessoas com as quais desejo de fato conversar por telefone é limitado e, em grande parte, continua a ser o mesmo grupo limitado dia após dia, semana após semana. Utilizo a maior parte do equipamento telefônico à minha disposição para comunicar-me com membros desse grupo. Ora, como funciona atualmente a técnica de comutação, o processo para nos comunicarmos com uma das pessoas a quem telefonamos quatro ou cinco vêzes por dia não é, de modo algum, diferente do processo para nos comunicarmos com

aquelas pessoas às quais possivelmente jamais falamos. Do ponto de vista do serviço equilibrado, ou estamos usando muito pouco equipamento para cuidar de chamados frequentes, ou equipamento demais para cuidar de chamados pouco frequentes, situação que me lembra o poema de Oliver Wendell Holmes acêrca da "sege de um só cavalo". Este venerável veículo, conforme todos se lembram, ao cabo de cem anos de serviço demonstrou ser tão cuidadosamente ideado que nem roda, nem tejadilho, nem varais, nem assento possuíam qualquer parte que revelasse um excesso antieconômico de força de atrito ou desgaste sôbre qualquer outra parte. De fato, a "sege de um só cavalo" representa o pináculo da engenharia, não apenas uma fantasia excêntrica. Se os aros de roda durassem um momento a mais que os raios, ou o guarda-lama um momento a mais que os varais, essas peças poriam em desuso certos valores econômicos. Tais valores poderiam ter sido reduzidos sem prejudicar a durabilidade do veículo como um todo, ou distribuídos igualmente pela totalidade do veículo para fazê-lo durar mais. Na verdade, qualquer estrutura que não tenha a natureza da "sege de um só cavalo" foi construída de maneira pouco econômica.

Isso significa que, para maior economia do serviço, não é desejável que o processo de minha ligação com o Sr. A., a quem telefono três vêzes por dia, e com o Sr. B., que para mim não passa de um item desaperecebido na lista telefônica, sejam da mesma ordem. Se eu dispusesse de um meio de comunicação com o Sr. A. um pouco mais direto, então o tempo duplo perdido em esperar se completasse minha ligação com o Sr. B. estaria mais que compensado. Se, então, fôsse possível, sem custo excessivo, idear um aparelho que registrasse minhas conversações passadas e me propiciasse um tipo de serviço que correspondesse à frequência com que usei, anteriormente, os canais telefônicos, eu obteria serviço melhor, ou menos dispendioso, ou ambas as coisas ao mesmo tempo. A Companhia de Lâmpadas Philips, da Holanda, conseguiu fazer isso. A qualidade de seu serviço foi aperfeiçoada por meio de uma realimentação do tipo a que Russel chamaria "lógico superior". É capaz

de maior variedade, de maior adaptabilidade, e pode-se haver, de maneira mais eficaz do que o equipamento convencional, com a tendência entrópica de o mais provável asoberbar o menos provável.

Repito: a realimentação é um método de controle de um sistema pela reintrodução, nêle, dos resultados de seu desempenho pretérito. Se êsses resultados forem usados apenas como dados numéricos para a crítica e regulagem do sistema, teremos a realimentação simples dos técnicos de controle. Se, todavia, a informação que remonta do desempenho fôr capaz de mudar o método e o padrão geral de desempenho, então teremos um processo a que poderemos denominar aprendizagem.

Outro exemplo de processo de aprendizagem aparece ligado ao problema da construção de máquinas de predição. No início da Segunda Guerra Mundial, a comparativa ineficiência do fogo de barragem antiaéreo tornou necessário introduzir aparelhos que acompanhassem a posição de um aeroplano, determinassem-lhe a distância, estabelecessem o intervalo de tempo até que um obus pudesse atingi-lo, e previssem onde êle estaria ao fim dêsse tempo. Se o avião fôsse capaz de realizar uma ação evasiva totalmente arbitrária, habilidade alguma nos tornaria capazes de adivinhar o ainda desconhecido deslocamento do avião entre o tempo em que a arma fôsse disparada e o tempo em que o obus alcançasse aproximadamente o seu alvo. Contudo, em muitas circunstâncias, o aviador ou não realiza, ou não pode realizar uma ação evasiva arbitrária. Está limitado pelo fato de que, se fizer uma volta rápida, a força centrífuga o porá inconsciente, e pelo fato, outrossim, de que o mecanismo de comando do seu avião e o programa de instruções que recebeu o forçam, praticamente, a certos hábitos regulares de pilotagem, que se revelam mesmo em suas ações evasivas. Tais regularidades não são absolutas; constituem, antes, preferências estatísticas que se evidenciam na maioria das vêzes. Podem ser diferentes para aviadores diferentes, e o serão, certamente, para diferentes aviões. Lembremos que, na perseguição de um alvo tão rápido quanto um aeroplano, não há tempo para o calculador sacar seus in-

trumentos e determinar onde irá estar o avião. Tôda calculação deve fazer parte do próprio contrôle da arma. Tal calculação deverá incluir dados que dependam de nossa experiência estatística pretérita com aeroplanos de um dado tipo, sob variáveis condições de vôo. O estágio atual das armas antiaéreas consiste em um aparelho que usa ou dados fixos dessa espécie ou uma seleção de um número limitado de dados fixos que tais. A escolha adequada, entre êsses dados, pode ser estabelecida por ação voluntária do artilheiro.

Existe, contudo, outro estágio do problema de contrôle que também pode ser tratado mecânicamente. O problema de determinar as estatísticas de vôo de um avião, a partir da observação real de seu vôo, e, a seguir, transformá-las em regras para contrôle da arma, é, em si mesmo, um problema definido e matemático. Comparado com a efetiva perseguição ao avião, de acôrdo com regras dadas, constitui ação relativamente lenta, e envolve considerável observação do vôo pretérito do aeroplano. Não é, porém, impossível mecanizar essa ação de longo tempo ou a ação de curto tempo. Podemos, portanto, construir uma arma antiaérea que observe, por si mesma, as estatísticas respeitantes ao movimento do avião-alvo, que depois as converta num sistema de contrôle, e que, finalmente, adote tal sistema como uma maneira rápida de ajustar sua posição à posição e movimento observados do avião.

Não tenho conhecimento de que isso haja sido feito, mas é um problema que se enquadra em linhas que estamos estudando e que esperamos utilizar em outros problemas de predição. O ajuste do plano geral de pontaria e disparo da arma de acôrdo com um sistema específico de movimentos feitos pelo alvo é, essencialmente, um ato de aprendizagem. É uma modificação no *taping* do mecanismo computador da arma, que altera, não tanto os dados numéricos como o processo pelo qual são interpretados. Trata-se, de fato, de uma espécie muito geral de realimentação, que afeta todo o método de comportamento do instrumento.

O processo avançado de aprendizagem que aqui discutimos está ainda limitado pelas condições mecânicas do sistema em que ocorre, e não corresponde, obviamente, ao processo normal de aprendizagem do ser humano. Mas podemos inferir, desse processo, modos muito diversos em que a aprendizagem de espécie complexa pode ser mecanizada. Tais indicações são-nos respectivamente fornecidas pela teoria da associação de Locke e pela teoria de Pavlov acerca dos reflexos condicionados. Antes de tratar delas, todavia, quero fazer algumas observações gerais para responder, antecipadamente, certas críticas às sugestões que vou apresentar.

Permitam-me referir a base sobre a qual é possível erigir uma teoria da aprendizagem. A parte indiscutivelmente mais considerável do trabalho do fisiologista de nervos tem sido a condução dos impulsos pelas fibras nervosas ou neurônios, e tal processo é considerado como um fenômeno do tipo "tudo-ou-nada". Isto é, se o estímulo alcançar o ponto ou limiar em que chegue a percorrer uma fibra nervosa e não se dissipe numa distância relativamente curta, o efeito que produzirá num ponto comparativamente remoto da fibra nervosa será substancialmente independente de sua força inicial.

Tais impulsos nervosos propagam-se de fibra a fibra através de conexões conhecidas como *sinapses*, nas quais uma fibra aferente pode entrar em contacto com muitas fibras eferentes, e uma fibra eferente em contacto com muitas fibras aferentes. Nessas sinapses, o impulso dado por uma só fibra nervosa aferente não basta, amiúde, para produzir um efetivo impulso eferente. Em geral, se os impulsos que cheguem a uma determinada fibra aferente por conexões sinápticas são muito poucos, a fibra eferente não responderá. Quando digo muito poucos, não quero necessariamente dizer que todas as fibras aferentes ajam da mesma maneira, ou, sequer, que com qualquer conjunto de conexões sinápticas ativas aferentes o problema de se a fibra eferente responderá possa ser resolvido de uma vez por todas. Não pretendo tampouco ignorar o fato de que algumas fibras aferentes, em vez de tenderem a produzir um estímulo

nas aferentes, com as quais estão ligadas, possam ter a tendência de impedir tais fibras de aceitarem novos estímulos.

Seja como fôr, conquanto o problema da condução de impulsos através de uma fibra possa ser descrito, de maneira assaz simples, como um fenômeno do tipo "tudo-ou-nada", o problema da transmissão de um impulso através de uma camada de conexões sinápticas depende de um complicado padrão de respostas, no qual certas combinações de fibras aferentes, pondo-se em ação dentro de certo tempo limitado, fazem com que a mensagem avance, ao passo que certas outras combinações não farão tal. Tais combinações não são algo estabelecido de uma vez por tôdas; não dependem, sequer, tão-sòmente da história pretérita de mensagens recebidas nessa camada sináptica. Sabe-se que mudam com a temperatura, e poderão bem mudar em função de muitas outras coisas.

Essa concepção do sistema nervoso corresponde à teoria daquelas máquinas que consistem numa seqüência de dispositivos de comutação em que a abertura de um comutador posterior depende da ação de combinações precisas de comutadores anteriores, que levam a êle e que se abrem ao mesmo tempo. Esta máquina de tipo tudo-ou-nada é chamada máquina *digital*. Apresenta grandes vantagens para a solução dos mais variados problemas de comunicação e contrôle. Particularmente, a nitidez da decisão entre "sim" e "não" permite-lhe acumular informação de maneira a facultar-nos discriminar diferenças muito pequenas em quantidades muito grandes.

Além dessas máquinas que funcionam numa escala de sim ou não, existem outras máquinas de computação e contrôle que medem, em vez de contar. São conhecidas, como máquinas *analógicas* porque funcionam na base de conexões análogas entre as quantidades medidas e as quantidades numéricas que supostamente as representam. Um exemplo de máquina analógica é a régua de cálculo, em contraste com a máquina de calcular de mesa, que funciona digitalmente. Quem usou uma régua de cálculo sabe que a escala em que as linhas de marcação têm de ser impressas e o grau de precisão de nossos olhos impõem limites bem definidos à exatidão com

que a régua pode ser lida. Tais limites não são ampliados, tão facilmente quanto se poderia supor, aumentando-se a régua de cálculo. Uma régua de cálculo de dez pés de comprimento dará apenas uma casa decimal a mais, de precisão, do que uma régua de um pé; e, para conseguir isso, não apenas deve cada pé da régua maior ser construído com a mesma precisão da menor, como também a orientação desses pés sucessivos deve conformar-se ao grau de precisão esperável de cada régua de um pé. Ademais, os problemas de manter rígida a régua maior são muitos maiores que aquêles encontrados no caso da régua menor, e servem para limitar o aumento de precisão que obteremos por aumento do tamanho. Em outras palavras: para fins práticos, as máquinas que medem, em oposição às máquinas que contam, são grandemente limitadas em sua precisão. Acrescente-se isso aos preconceitos dos fisiologistas em favor da ação de tipo tudo-ou-nada, e ver-se-á por que a maior parte do trabalho feito com simulacros mecânicos do cérebro tem sido com máquinas que são, mais ou menos, de base digital.

Todavia, se insistirmos demasiadamente no cérebro como uma máquina digital exaltada, ficaremos sujeitos a críticas muito justas, vindas, em parte, de fisiologistas, e, em parte, do campo antagônico daqueles psicólogos que preferem não fazer uso de comparações mecânicas. Eu disse que numa máquina digital há uma fita gravada que determina a seqüência de operações a serem realizadas, e que uma mudança desse *taping*, com base na experiência pretérita, corresponde a um processo de aprendizagem. No cérebro, a mais clara analogia da fita gravada é a determinação do limiar sináptico, das precisas combinações dos neurônios aferentes que estimularão um neurônio eferente com o qual estejam ligados. Já vimos que tais limiares variam com a temperatura e não temos razões para acreditar que não possam variar com a composição química do sangue ou com muitos outros fenômenos que, originariamente, não são do tipo tudo-ou-nada. É, portanto, necessário que, ao considerar o problema da aprendizagem, sejamos deveras precavidos no que concerne à adoção de uma teoria do tipo

tudo-ou-nada para o sistema nervoso: cumprir, antes, fazer uma crítica intelectual dessa noção e dispor de comprovação experimental específica que fundamente nossa adoção.

Dir-se-á, amiúde, que não existe uma teoria da aprendizagem, qualquer que seja, que se aplique à máquina. Dir-se-á, também, que no estágio atual de nossos conhecimentos, qualquer teoria da aprendizagem que eu possa oferecer será prematura e não corresponderá, provavelmente, ao funcionamento real do sistema nervoso. Prefiro seguir um caminho intermediário entre êsses dois tipos de crítica. Por um lado, desejo oferecer um método para construir máquinas que aprendem, método que não apenas me capacite a construir certas máquinas especiais dêsse tipo, mas que me propicie uma técnica geral de engenharia para a construção de uma vasta classe de semelhantes máquinas. Só se eu puder atingir tal grau de generalidade é que me terei defendido, em certa medida, da crítica de que o processo mecânico que proclamo ser similar ao da aprendizagem é, de fato, algo de natureza essencialmente diferente da dela.

Por outro lado, quero descrever tais máquinas em termos que não sejam por demais estranhos às reais características observáveis do sistema nervoso e da conduta humana e animal. Estou perfeitamente cômico de que não posso esperar estar de todo correto, nos pormenores, ao apresentar o mecanismo humano autêntico; em princípio, posso até estar errado. Não obstante, se eu apresentar um dispositivo que possa ser verbalmente formulado em termos de conceitos próprios da mente humana e do cérebro humano, terei propiciado um ponto de partida para a crítica e um padrão a que comparar o desempenho esperável com base em outras teorias.

Locke, nos fins do século XVII, achava que o conteúdo da mente era constituído por aquilo a que chamamos *idéias*. Para êle, a mente era inteiramente passiva, um quadro-negro limpo, *tabula rasa*, no qual as experiências do indivíduo escreviam suas próprias impressões. Se estas aparecem amiúde em circunstâncias de simultaneidade ou numa certa seqüência ou em situações que costumeiramente atri-

buímos a causa e efeito, então, de acôrdo com Locke, tais impressões ou idéias formarão idéias complexas, com uma certa tendência positiva de os elementos componentes se conservarem unidos. O mecanismo pelo qual as idéias se conservam unidas está nas próprias idéias; existe, porém, por tôda a obra de Locke, uma sigular relutância em descrever tal mecanismo. Sua teoria só pode ter, com a realidade, a espécie de relação que o desenho de uma locomotiva tem com uma locomotiva em funcionamento. É um diagrama, sem quaisquer partes vivas. Isso não é de espantar quando se considera a data da teoria de Locke. Foi em Astronomia, não em Engenharia ou Psicologia, que o ponto de vista dinâmico, o ponto de vista de partes vivas, alcançou importância pela primeira vez; alcançou-a nas mãos de Newton, que não foi um predecessor de Locke, mas seu contemporâneo.

Durante vários séculos, a Ciência, dominada pelo impulso aristotélico de classificar, negligenciou o impulso moderno de pesquisar as maneiras por que os fenômenos funcionam. Na verdade, com as plantas e os animais ainda por serem estudados, é difícil conceber que a ciência biológica pudesse ter ingressado num período pròpriamente dinâmico de outro modo que não fôsse através da contínua coleta de uma História Natural mais descritiva. O grande botânico Lineu nos servirá de exemplo. Para Lineu, espécies e gêneros eram formas aristotélicas fixas, mais que postes indicadores de um processo de evolução; foi, entretanto, com base numa descrição totalmente lineana que se tornou possível reunir argumentos convincentes em favor de evolução. Os antigos historiadores naturais eram, na prática, os fronteirços do intellecto: encontravam-se por demais sob a compulsão de apoderar-se de, e ocupar, novos territórios para que pudessem ser muito precisos no tocante ao problema de explicar as novas formas que tinham observado. Depois do fronteirço, vem o lavrador produtivo, e depois do naturalista vem o cientista moderno.

No último quartel do século passado e no primeiro quartel do atual, outro grande sábio, Pavlov, abarcou, à sua maneira, essencialmente o mesmo campo abarcado an-

tes por Locke. Seu estudo dos reflexos condicionados, porém, avançou experimentalmente e não teoricamente como o de Locke. Ademais, êle o considerou tal como aparece entre os animais inferiores, não como aparece no homem. Os animais inferiores não podem falar a linguagem humana: só falam a linguagem do comportamento. Grande parte de seu comportamento mais evidente é emocional em sua motivação, e grande parte de sua emoção está vinculada à comida. Foi com a comida que Pavlov começou, e com o sintoma físico da salivação. É simples introduzir uma câ-nula no ducto salivar de um cão e observar a secreção estimulada pela presença de alimento.

Ordinariamente, muitas coisas que nada têm com comida, tais como objetos vistos, sons ouvidos, etc., não produzem nenhum efeito sobre a salivação, mas Pavlov observou que se um certo padrão ou um certo som fôsem sistematicamente apresentados a um cão na hora da comida, então a simples exibição do padrão ou do som bastava para excitar a salivação. Isto é, o reflexo da salivação era condicionado por uma associação passada.

Temos no caso, ao nível do reflexo animal, algo análogo à associação de idéias de Locke, uma associação que ocorre em respostas reflexas cujo conteúdo emocional é presumivelmente muito intenso. Atente-se para a natureza assaz complicada dos antecedentes que são necessários para produzir um reflexo condicionado do tipo de Pavlov. Em primeiro lugar, centram-se êles, geralmente, em tórno de algo importante para a vida do animal: neste caso, alimento, embora na forma final do reflexo o elemento alimentar possa estar inteiramente elidido. Podemos, contudo, ilustrar a importância do estímulo inicial de um reflexo condicionado pavloviano com o exemplo de cercas elétricas à volta de uma fazenda de criação de gado.

Nessas fazendas, a construção de cercas de arame fortes o bastante para fazer recuar um boi não é fácil. Torna-se, assim, mais econômico substituir uma cerca pesada dêsse tipo por outra em que um ou dois fios relativamente finos conduzem voltagem elétrica suficientemente alta para dar um choque apreciável quando o animal provoca nêles um

curto-circuito, por contacto com o seu corpo. Uma cêrca dêsse tipo pode ter de resistir à pressão do boi uma ou duas vêzes; todavia, depois disso, a cêrca funcionará não porque possa mecânicamente agüentar a pressão, mas porque o boi desenvolveu um reflexo condicionado que tende a evitar que chegue mesmo a entrar em contacto com a cêrca. Neste caso, o deflagrador original do reflexo é a dor; e o afastamento da dor é fundamental para a vida continuada de qualquer animal. O deflagrador transferido é a visão da cêrca. Há outros deflagradores que levam a reflexos condicionados, além da fome e da dor. Seria utilizar linguagem antropomórfica chamar essas situações de emocionais, mas não há necessidade de tal antropomorfismo para descrevê-las como situações que, de modo geral, trazem em si uma ênfase e importância que não são comuns a muitas outras experiências animais. Semelhantes experiências, quer possamos chamá-las de emocionais ou não, produzem reflexos intensos. Na formação de reflexos condicionados, a resposta reflexa é geralmente transferida para uma dessas situações deflagradoras. Tal situação deflagradora ocorre amiúde simultâneamente com o deflagrador original. A mudança do estímulo para o qual se verifica uma determinada resposta deve ter algum correlativo tal como a abertura de uma trilha sináptica que conduza à resposta, trilha que, de outra maneira, teria estado fechada; ou então o fechamento de uma trilha que, de outra maneira, teria estado aberta; constituiu-se, assim, aquilo que a Cibernética chama de *mudança do "taping"*.

Tal mudança é precedida por uma persistente associação do antigo e intenso estímulo natural para uma reação específica com o nôvo estímulo concomitante. É como se o estímulo antigo tivesse o poder de alterar a permeabilidade daquelas trilhas que estivessem conduzindo uma mensagem ao tempo em que êle se encontrasse em atividade. O interessante é que o nôvo estímulo ativo não precisa ter quase nada de predeterminado, a não ser o fato da repetida concomitância com o estímulo original. Dessarte, o estímulo original parece produzir um efeito de longa duração em tôdas as trilhas que estejam conduzindo uma mensagem ao

tempo de sua ocorrência, ou pelo menos num grande número delas. A insignificância do estímulo substituto indica que o efeito modificador do estímulo original é vasto, não se confinando a umas poucas trilhas especiais. Pressupomos assim que possa haver algum tipo de mensagem geral divulgada pelo estímulo original, mas que é ativa apenas naqueles canais que estejam conduzindo uma mensagem ao tempo do estímulo original. O efeito dessa ação pode talvez não ser permanente, mas é pelo menos de longa duração. O lugar onde supor que tal ação possa mais logicamente ocorrer são as sinapses, em que ela, muito provavelmente, afeta seus limiares.

O conceito de uma mensagem não-dirigida espalhando-se até encontrar um receptor, que será então estimulado por ela, não é de todo desconhecido. Mensagens dessa espécie são utilizadas muito freqüentemente como alarmes. A sirene de incêndio é um chamado a todos os moradores da cidade e, particularmente, aos membros do corpo de bombeiros, onde quer que possam estar. Numa mina, quando queremos evacuar tôdas as passagens remotas devido à presença de grisú, quebramos um tubo de mercaptano de etilo no ventilador de ar. Não há razão para supor que tais mensagens não possam ocorrer no sistema nervoso. Se eu tivesse de construir uma máquina aprendiz de tipo geral, estaria muitíssimo inclinado a empregar êsse método da conjunção de mensagens disseminadas, do tipo "A quem possa interessar", com mensagens localizadas e canalizadas. Não seria muito difícil idear métodos elétricos para a realização de semelhante tarefa. Isto é muito diferente de dizer que a aprendizagem no animal ocorre, de fato, por via de tal conjunção de mensagens disseminadas e canalizadas. Com franqueza, acho que é muito possível que assim seja, mas, por enquanto, as provas de que dispomos não permitem fazer mais que uma conjectura.

Quanto à natureza dessas mensagens do tipo "A quem possa interessar", supondo que existam, encontro-me em terreno ainda mais especulativo. Podem, realmente, ser nervosas, mas sinto-me antes inclinado a atribuí-las ao lado não-digital, analógico, do mecanismo responsável pelos re-

flexos e pelos pensamentos. É um truísmo atribuir a ação sináptica a fenômenos químicos. Na realidade, na ação de um nervo, é impossível separar potenciais químicos e potenciais elétricos, e a afirmativa de que uma certa ação específica é química carece praticamente de sentido. Não obstante, não ofende ao pensamento corrente supor que pelo menos uma das causas ou concomitantes de uma alteração sináptica seja uma alteração química, que se manifesta localmente, qualquer que possa ser a sua origem. A presença de tal alteração pode muito bem ser localmente dependente de sinais de disparo transmitidos por via nervosa. É pelo menos igualmente concebível que alterações desse tipo possam ser devidas, em parte, a alterações químicas transmitidas geralmente através do sangue, e não pelos nervos. É concebível que mensagens do tipo "A quem possa interessar" sejam transmitidas por via nervosa, e que se tornem localmente aparentes sob a forma daquela espécie de ação química que acompanha as alterações sinápticas. A mim, que sou engenheiro, a transmissão de mensagens do tipo "A quem possa interessar" parece efetuar-se mais economicamente através do sangue que através dos nervos. Contudo, não tenho nenhuma prova disso.

Recordemos que influências do tipo "A quem possa interessar" apresentam maior similitude com a espécie de alterações do aparelho de controle das armas antiaéreas que conduzem todos os novos dados estatísticos ao instrumento, que com as que conduzem diretamente apenas dados numéricos específicos. Em ambos os casos, temos uma ação que, provavelmente, se tem estado a acumular por longo tempo e que produzirá efeitos que deverão durar longo tempo.

A rapidez com que o reflexo condicionado responde ao seu estímulo não é necessariamente indicação de que o condicionamento do reflexo seja um processo de rapidez comparável. Parece-me, assim, apropriado para uma mensagem que suscite tal condicionamento, ser conduzida pela lenta, mas difusa, influência da corrente sanguínea.

Já constitui considerável limitação do que exige meu ponto de vista supor que a influência fixadora da fome ou

da dor ou de qualquer estímulo que possa determinar um reflexo condicionado, passe através do sangue. Seria limitação ainda maior se eu tentasse especificar a natureza dessa desconhecida influência transportada pelo sangue, se é que ela existe. Que o sangue conduza substâncias que podem alterar a ação nervosa, direta ou indiretamente, é algo que me parece muito provável, algo que é sugerido pelas ações de, pelo menos, os hormônios ou secreções internas. Isto, contudo, não é o mesmo que dizer que a influência nos limiares que determinam o aprendizado são o resultado de hormônios específicos. Outrossim, é tentador encontrar um denominador comum da fome e da dor causada pela cêrca eletrificada em algo a que possamos chamar de emoção; mas será, sem dúvida, ir longe demais vincular a emoção a todos os condicionadores de reflexos, sem qualquer discussão ulterior de sua natureza específica.

Todavia, é interessante saber que a espécie de fenômeno registrada subjetivamente como emoção pode não ser apenas um inútil epifenômeno da ação nervosa, mas talvez controle algum estágio essencial da aprendizagem e de outros processos similares. Não digo, absolutamente, que o faça, mas afirmo que os psicólogos que traçam distinções nítidas e intransponíveis entre as emoções do homem e as de outros organismos vivos e as respostas de mecanismos automáticos de tipo moderno, deveriam ser tão cuidadosos em suas negações quanto eu em minhas assertivas.

IV

O MECANISMO E A HISTÓRIA DA LINGUAGEM

Nenhuma teoria da comunicação pode, evidentemente, evitar a discussão da linguagem. A linguagem é, em certo sentido, outro nome para a própria comunicação, assim como uma palavra usada para descrever os códigos por meio dos quais se processa a comunicação. Veremos mais adiante, neste capítulo, que o uso de mensagens codificadas e decifradas é importante, não apenas para os seres humanos, mas também para outros organismos vivos e para as máquinas usadas pelos seres humanos. Os pássaros se comunicam entre si, os macacos se comunicam entre si, os insetos se comunicam entre si, e, em toda esta comunicação, faz-se certo uso de sinais ou símbolos que só podem ser entendidos quando se está a par do sistema de códigos empregado.

O que distingue a comunicação humana da comunicação da maioria dos outros animais é: (a) a delicadeza e complexidade do código usado, e (b) o alto grau de arbitrariedade desse código. Por meio de sinais, muitos animais podem manifestar suas emoções uns aos outros e, ao manifestá-las, indicar a presença de um inimigo, ou de um animal da mesma espécie, mas de sexo oposto, e uma grande variedade de mensagens detalhadas desse tipo. Em sua maior parte, essas mensagens são fugitivas e não ficam armazenadas. A maioria delas seria traduzida, em linguagem humana, por expletivos e exclamações, embora algumas pudessem ser grosseiramente vertidas em palavras às quais daríamos possivelmente a forma de substantivos e ad-

jetivos, mas que seriam usadas pelo animal em questão sem qualquer distinção correspondente de forma gramatical. Em geral, seria de esperar que a linguagem dos animais exprimisse primeiramente emoções, e coisas depois, não sendo ela absolutamente capaz de expressar as mais complicadas relações das coisas entre si.

Além desta limitação da linguagem dos animais no que concerne ao caráter do que é comunicado, tal linguagem é geralmente fixada pela espécie do animal, sendo outrossim historicamente imutável. O rugido de um leão é quase igual ao de outro leão. Existem, no entanto, animais como o papagaio, o acridotero e o corvo, que parecem ser capazes de aprender sons do meio ambiente e, particularmente, gritos de outros animais e do homem, bem como de modificar ou aumentar seus vocabulários, conquanto dentro de limites muito restritos. Todavia, mesmo tais pássaros não parecem ter nada que se pareça à liberdade do homem de usar qualquer som pronunciável como código para algum significado e de transmitir êsse código ao grupo circundante, de maneira tal que a codificação constitua uma linguagem aceita e entendida dentro do grupo e quase ininteligível fora dêle.

Dentro de suas assaz consideráveis limitações, os pássaros capazes de imitar a fala humana possuem diversas características em comum: são gregários, têm vida bastante longa e memórias excelentes, se medidas por qualquer padrão que não seja o rigoroso padrão humano. Não há dúvida de que um pássaro falante pode aprender a usar sons humanos ou animais nas ocasiões adequadas e com o que parecerá, pelo menos para o ouvinte fortuito, certa dose de entendimento. Contudo, mesmo os membros mais vocais do mundo sub-humano não podem competir com o homem na facilidade de atribuir significado a novos sons, no repertório de sons portadores de uma codificação específica, na extensão da memória lingüística, e, sobretudo, na capacidade de formar símbolos para relações, classes e outras entidades do "tipo lógico superior" de Russel.

Quero assinalar, entretanto, que a linguagem não é um atributo exclusivo dos seres vivos, mas um atributo

que podem partilhar, em certa medida, com as máquinas construídas pelo homem. Desejo mostrar, ademais, que a preocupação do homem com a linguagem representa, sem dúvida alguma, uma possibilidade que lhe é inerente e que não o é para seus mais próximos parentes, os grandes símios. Mostrarei, não obstante, que se trata apenas de uma possibilidade, que deve ser desenvolvida pela aprendizagem.

Consideramos habitualmente a comunicação e a linguagem como dirigidas de pessoa a pessoa. No entanto, é muito possível, a uma pessoa, falar com uma máquina, e a uma máquina falar com uma pessoa ou outra máquina. Por exemplo, nas regiões mais bravias do nosso Oeste e do Canadá setentrional, existem estações de força distantes demais de qualquer povoado em que possam viver trabalhadores, e pequenas demais para justificar a fundação de novos povoados, só por sua causa, embora não tão pequenas que os sistemas energéticos possam desprezá-las. É, por isso, desejável que tais estações sejam geridas de maneira que não torne necessário pessoal residente; de fato, ninguém delas cuida durante os meses que decorrem entre as rondas de um técnico de supervisão.

Para levar isso a cabo, duas coisas são necessárias. Uma delas é a utilização de maquinaria automática, que torne impossível ligar um gerador a uma barra geral ou membro de ligação antes que tenha alcançado a frequência, voltagem e fase corretas, e que, de maneira semelhante, proveja contra outras desastrosas contingências elétricas, mecânicas e hidráulicas. Esse tipo de supervisão seria bastante se o ciclo diário da estação se mantivesse ininterrupto e inalterável.

Tal, contudo, não é o caso. A carga de um sistema gerador depende de muitos fatores variáveis. Entre êles está a flutuante demanda industrial; emergências que possam retirar de atividade parte do sistema; e até nuvens de passagem, que podem fazer com que dezenas de milhares de escritórios e lares acendam suas lâmpadas em pleno dia. Segue-se que as estações automáticas, bem como as operadas por uma turma de trabalho, têm de estar constantemente

ao alcance do expedidor de carga, que deve ser capaz de poder dar ordens às suas máquinas; e êle o faz enviando sinais devidamente codificados à estação de força, quer através de uma linha especial para esse propósito, quer através das linhas telegráficas ou telefônicas existentes, quer através de um sistema portador que faça uso das próprias linhas de força. Por outro lado, para que o expedidor de carga possa dar suas ordens de maneira inteligente, deve estar familiarizado com o estado de coisas na estação geradora. Particularmente deve saber se as ordens que deu foram executadas ou se foram obstadas por algum defeito do equipamento. Dessarte, as máquinas da estação geradora devem estar capacitadas a enviar mensagens de volta ao expedidor de carga. Tem-se no caso, pois, um exemplo de linguagem emanada do homem e dirigida à máquina, e vice-versa.

Pode parecer curioso ao leitor admitirmos máquinas ao campo da linguagem e, no entanto, negarmos quase totalmente linguagem às formigas. Todavia, ao construir máquinas, é-nos amiúde muito importante estender até elas certos atributos humanos que não são encontrados entre os membros inferiores da comunidade animal. Se o leitor quiser conceber isto como uma extensão metafórica de nossas personalidades humanas, tem tóda a liberdade de fazê-lo; deve, porém, ser advertido de que as novas máquinas não pararão de funcionar quando tivermos deixado de dar-lhes apoio humano.

A linguagem que se dirige à máquina consiste, em verdade, de mais que um único passo. Do ponto de vista do engenheiro de linha, o código transmitido pela linha é completo em si próprio. A essa mensagem podemos aplicar tôdas as noções de Cibernética, ou a teoria das mensagens. Podemos estimar o teor de informação que conduz determinando-lhe a probabilidade no conjunto de tôdas as mensagens possíveis e tomando, a seguir, o logaritmo negativo dessa probabilidade, de acôrdo com a teoria exposta no Capítulo I. Todavia, isso representa, não a informação efetivamente conduzida pela linha, mas o teor máximo que pode veicular, se fôsse ligada ao devido equipamento terminal. O total de informação conduzida com efetivo equi-

pamento terminal depende da capacidade d'êste de transmitir ou utilizar a informação recebida.

Somos assim levados a uma nova concepção da maneira por que a estação geradora recebe as ordens. O trabalho efetivo que realiza, de ligar e desligar chaves, pôr geradores em fase, controlar o fluxo de água nas comportas, movimentar e parar as turbinas, pode ser encarado como uma linguagem em si mesma, com um sistema de probabilidades de comportamentos dadas por sua própria história. Dentro dêsse quadro, tôda seqüência possível de ordens tem sua própria probabilidade e, portanto, conduz seu próprio teor de informação.

É certamente possível que a relação entre a linha e a máquina terminal seja tão perfeita que o teor de informação contido numa mensagem, do ponto de vista da capacidade condutora da linha, e o teor de informação das ordens cumpridas, medidos do ponto de vista do trabalho da máquina, serão idênticos à quantidade de informação transmitida pelo sistema composto de linha e máquina. Em geral, contudo, haverá um estágio de translação entre a linha e a máquina; e, nesse estágio, poderá perder-se informação que nunca mais será recuperada. Em verdade, o processo de transmitir informação pode envolver diversos estágios consecutivos de transmissão, um após outro, além do estágio final e efetivo; e entre dois dêles, quaisquer que sejam, haverá um ato de translação, capaz de dissipar informação. Que a informação possa ser dissipada, mas não *recobrada*, é, como vimos, a forma cibernética da segunda lei da Termodinâmica.

Até aqui, neste capítulo, discutimos os sistemas de comunicação terminados por máquinas. Em certo sentido, todos os sistemas de comunicação terminam por máquinas, mas os sistemas comuns de linguagem terminam por um tipo especial de máquina conhecido como ser humano. Enquanto máquina terminal, o ser humano tem uma rêde de comunicações que pode ser considerada em três níveis distintos. Para a linguagem falada comum, o primeiro nível humano consiste no ouvido e naquela parte do mecanismo cerebral que está em ligação permanente e rígida com o

ouvido interno. Este aparelho, quando se junta ao aparelho de vibrações sonoras no ar, ou seu equivalente em circuitos elétricos, representa a máquina relacionada com o aspecto *fonético* da linguagem, com o próprio som.

O *semântico*, que é o segundo aspecto da linguagem, se relaciona com o significado e se torna manifesto, por exemplo, nas dificuldades de traduzir de uma para outra língua em que a correspondência imperfeita entre os significados das palavras restringe o fluxo de informação de uma para outra. Pode-se obter uma notável imitação de uma língua como o inglês tomando-se uma seqüência de palavras, ou pares de palavras, ou triades de palavras, segundo a freqüência estatística com que ocorrem na língua, e a algaravia assim obtida terá parecença notavelmente persuasiva com o inglês de lei. Esse simulacro sem sentido de linguagem inteligente equivale, praticamente, à linguagem significativa, do ponto de vista fonético, conquanto seja semânticamente um aranzel, ao passo que o inglês de um estrangeiro inteligente, cuja pronúncia traga o sotaque de seu país de origem, ou que fale inglês literário, será semânticamente bom e foneticamente mau. Por outro lado, a palestra sintética comum de após jantar é foneticamente boa e semânticamente má.

No aparelho de comunicação humana, é possível, mas difícil, determinar as características de seu mecanismo fonético; é, portanto, também possível, embora difícil, determinar o que seja informação foneticamente significativa e medi-la. É evidente, por exemplo, que o ouvido e o cérebro têm uma efetiva freqüência de desligamento, a impedir a recepção de certas altas freqüências, que podem penetrar o ouvido e ser transmitidas por telefone. Em outras palavras, tais altas freqüências, qualquer que seja a informação que possam fornecer a um receptor apropriado, não conduzem nenhum teor significativo de informação para o ouvido. Mas é ainda mais difícil determinar e medir semânticamente informação significativa.

A recepção semântica exige memória e as longas delações dela conseqüentes. Os tipos de abstrações pertencentes ao estágio semântico importante não são, meramente,

aqueles associados com subagrupamentos permanentes, inerentes, de neurônios do cérebro, tais como os que devem desempenhar relevante papel na percepção da forma geométrica, mas os relacionados com o aparelho detector de abstrações, que consiste de partes da *combinação internuncial* — isto é, grupos de neurônios disponíveis para agrupamentos maiores, mas que não estão neles permanentemente encerrados — que foram temporariamente agrupadas para tal propósito.

A par dos agrupamentos cerebrais altamente organizados e permanentes, que existem, sem dúvida alguma, e que são encontrados nas regiões do cérebro relacionadas com os órgãos de sentido especial, bem como em outros lugares, há ligações e conexões específicas que parecem ter-se formado temporariamente para propósitos especiais, tais como os reflexos aprendidos, e outros que tais. Para formar essas ligações específicas, deve ser possível agrupar seqüências de neurônios disponíveis para essa finalidade e que não estejam ainda em uso. Esta questão de agrupamento diz respeito, evidentemente, aos limiares sinápticos da seqüência de neurônios agrupados. Como existem neurônios que podem estar ou dentro ou fora de tais agrupamentos temporários, é desejável dispor de um nome especial para designá-los. Conforme já indiquei, considero que correspondem assaz de perto àquilo que os neuro-fisiologistas chamam de combinações internunciais.

Esta é, pelos menos, uma teoria sensata de seu comportamento. O aparelho de recepção semântica não recebe nem traduz a linguagem palavra por palavra, mas idéia por idéia, e, amiúde, de modo ainda mais geral. Em certo sentido, está em condições de recorrer à totalidade da experiência passada, em suas transformações, e êsses transportes de longo tempo não são parte trivial de seu trabalho.

Existe um terceiro nível de comunicação, que representa uma tradução, em parte do nível semântico e em parte do anterior nível fonético. É a tradução das experiências do indivíduo, quer conscientes quer inconscientes, em ações que podem ser observadas externamente. Chama-

mos a isso o *nível de comportamento* da linguagem. Nos animais inferiores, é o único nível de linguagem que podemos observar além da entrada fonética. Isto é, de fato, verdadeiro — no caso de qualquer ser humano que não a pessoa específica a quem se enderece determinada comunicação, em qualquer instância particular — no sentido de que tal pessoa pode ter acesso aos pensamentos íntimos de outra pessoa somente através das ações desta. Tais ações consistem de duas partes: a saber, de ações brutas, diretas, da espécie que podemos observar também nos animais inferiores, e do sistema codificado e simbólico de ações que conhecemos como linguagem falada ou escrita.

Não é impossível, teoricamente, desenvolver a estatística das linguagens semântica e de comportamento a um nível tal que possamos obter uma justa medida do teor de informação que contenham. Na verdade, podemos demonstrar, por meio de observações gerais, que a linguagem fonética alcança o aparelho receptor com menos informação global que a originariamente enviada, ou de qualquer modo, com não mais informação que a que o sistema de transmissão conducente ao ouvido seja capaz de comunicar; podemos outrossim demonstrar que tanto a linguagem semântica quanto a do comportamento contêm menos informação ainda. Este fato, por sua vez, é um corolário da segunda lei da Termodinâmica, e é necessariamente verdadeiro se, a cada estágio, considerarmos a informação transmitida como o máximo de informação que poderia ser transmitido com um sistema receptor apropriadamente codificado.

Permito-me agora chamar a atenção do leitor para algo que talvez ele não considere de modo algum um problema — a saber, a razão por que os chimpanzés não falam. O comportamento dos chimpanzés constitui, há muito tempo, um enigma para os psicólogos que se têm preocupado com esses interessantes animais. O chimpanzé nôvo se assemelha extraordinariamente a uma criança, e indubitavelmente a iguala, ou lhe é superior, em assuntos intelectuais. Os estudiosos de psicologia animal não puderam deixar de perguntar-se se um chimpanzé criado no seio de uma família humana e sujeito ao impacto da fala humana até a idade

de um ou dois anos não aceitaría a linguagem como um modo de expressão e não se poria a balbuciar como criança.

Feliz, ou infelizmente, conforme se considere o caso, a maioria dos chimpanzés — na verdade, todos quantos foram até agora observados — obstinam-se em ser apenas bons chimpanzés e não se tornam débeis mentais quase humanos. Creio, não obstante, que a média dos especialistas em psicologia animal espera ansiosamente pelo chimpanzé que irá desonrar sua ascendência simiesca aderindo a formas de conduta mais humanas. O malôgro, até agora, não tem sido uma questão de simples grandeza de inteligência, pois há animais humanos mentalmente retardados cujos cérebros envergonhariam um chimpanzé. É que não é próprio da natureza do animal falar ou querer falar.

A linguagem é uma atividade tão peculiarmente humana que dela sequer se aproximam os parentes mais próximos do homem e seus mais ativos imitadores. Os poucos sons emitidos pelos chimpanzés têm, é bem verdade, bastante conteúdo emocional, mas não têm a finura de nítida e repetida precisão de organização necessária para convertê-los num código muito mais preciso que os miados de um gato. Além disso (o que ainda mais diferencia aquêles sons da linguagem humana), por vêzes são próprios do chimpanzé mais como uma manifestação inata, não-aprendida, que como comportamento aprendido de um membro de uma determinada comunidade social.

O ser a linguagem em geral própria do homem como homem, mas uma forma específica de linguagem ser própria do homem como membro de uma comunidade social específica — eis o fato mais notável. Em primeiro lugar, tomando todo o largo âmbito do Homem tal como o conhecemos hoje, pode-se dizer com segurança que não existe comunidade de indivíduos não mutilados por defeito auditivo ou mental que não tenha sua forma de linguagem própria. Em segundo lugar, tôdas as formas de linguagem são aprendidas, e malgrado os tentames do século XIX de formular uma teoria genética evolucionista das línguas, não há nenhuma razão geral para postular uma forma

única, natural, de linguagem, da qual se tivessem originado as formas atuais. É evidente que, deixados a sós, os bebês tentarão falar. Tais tentativas, contudo, demonstram-lhes as inclinações de expressar algo e não obedecem a nenhuma forma de linguagem existente. É quase igualmente evidente que, se uma comunidade de crianças fôsse mantida fora de contacto com a linguagem dos adultos durante os anos críticos de formação da linguagem, sairia com algo que, por tóscio que fôsse, seria indubitavelmente uma linguagem.

Por que será, então, que não se podem forçar os chimpanzés a falar e as crianças a não falar? Por que será que a tendência geral a falar e os aspectos gerais, visuais e psicológicos, da linguagem são tão uniformes em vastos grupos de pessoas, ao passo que é variada a manifestação linguística específica desses aspectos? A compreensão pelo menos parcial de tais assuntos é essencial para compreensão da comunidade baseada na linguagem. Enunciamos apenas os fatos fundamentais ao dizer que no homem, diferentemente dos símios, o impulso de usar alguma espécie de linguagem é irresistível; todavia, a linguagem específica utilizada é algo que tem de ser aprendido em cada caso específico. Faz parte da estrutura do próprio cérebro têrmos nós de nos preocupar com códigos e com os sons da fala, e a preocupação com códigos poder estender-se daqueles que têm relação com a fala aos que dizem respeito aos estímulos visuais. Todavia, não há um único fragmento desses códigos que tenha nascido em nós como um ritual preestabelecido, à semelhança das danças de cortejar de muitos pássaros ou do sistema pelo qual as formigas reconhecem intrusos e os expulsam do ninho. O dom da fala não remonta à linguagem adâmica universal, interrompida na Torre de Babel. É, estritamente, um impulso psicológico, e não se trata de dom de fala, mas de dom de poder de fala.

Por outras palavras, o obstáculo que impede os chimpanzés novos de aprenderem a falar é um obstáculo que diz respeito ao estágio semântico e não ao estágio fonético da linguagem. *O chimpanzé simplesmente não possui um mecanismo inerente que o leve a traduzir os sons que ouve em*

base para combinar suas próprias idéias ou numa forma complexa de comportamento. Não podemos estar certos da primeira destas afirmativas, porque não dispomos de meios diretos para observá-la. A segunda é apenas um fato empírico visível. Pode ter suas limitações, mas que exista tal mecanismo inerente no homem é fato perfeitamente evidente.

Já ressaltamos, neste livro, a extraordinária capacidade do homem de aprender como uma característica distintiva da espécie, que torna a vida social um fenômeno de natureza inteiramente diversa da vida social aparentemente análoga das abelhas, das formigas e de outros insetos sociais. O testemunho respeitante a crianças que ficaram privadas de contacto com sua própria raça, durante os anos normalmente críticos na aquisição habitual da linguagem, não é inteiramente isento de ambigüidade. As histórias de "Crianças-Lôbos", que levaram aos imaginosos *Jungle Books* de Kipling, com seus ursos de escola pública e seus lôbos de Sandhurst, são tão pouco dignas de confiança em sua árida esqualidez original quanto nas idealizações dos *Jungle Books*. Contudo, qualquer testemunho que exista serve para mostrar que há um período crítico durante o qual a linguagem é aprendida com maior facilidade, e que, uma vez passado tal período sem contacto do aprendiz com outros seres humanos, de qualquer espécie que possam ser, o aprendizado da linguagem se torna limitado, moroso e grandemente imperfeito.

Isto é provavelmente verdadeiro no que respeita à maioria das outras capacidades que consideramos como habilidades naturais. Se uma criança não andar até os três ou quatro anos de idade, poderá ter perdido todo desejo de andar. A locomoção comum pode tornar-se tarefa mais árdua do que, para o adulto normal, dirigir um carro. Se uma pessoa tem estado cega desde a infância, e a cegueira fôr corrigida por uma operação de catarata ou pela implantação de uma seção corneal transparente, a visão resultante só acarretará, durante certo tempo, confusão naquelas atividades que haviam sido normalmente realizadas nas trevas. Essa visão pode bem nunca chegar a ser mais

que um nôvo dote, cuidadosamente aprendido, de valor duvidoso. Podemos, pois, admitir, licitamente, que a totalidade da vida social humana, em suas manifestações normais, centra-se na linguagem, e que se esta não fôr aprendida no devido tempo, todo o aspecto social do indivíduo malogrará.

Para recapitular: o interêsse humano pela linguagem parece ser um interêsse inato por codificar e decifrar, e parece ser quase tão especificamente humano quanto o possa ser qualquer interêsse. *A linguagem é o maior interêsse e a consecução mais característica do homem.*

Fui educado como filho de filólogo e as questões relativas à natureza e técnica da linguagem me interessaram desde a infância. É impossível efetuar-se uma revolução tão cabal na teoria da linguagem quanto a propiciada pela moderna teoria da comunicação sem abalar as idéias lingüísticas do passado. Como meu pai era um filólogo assaz herético, cuja influência tendia a conduzir a Filologia na mesma direção em que a conduzem as modernas influências da teoria da comunicação, desejo continuar êste capítulo com algumas reflexões de diletante acêrca da história da linguagem e da história de nossa teoria da linguagem.

O homem tem nutrido a idéia de que a linguagem é um mistério, desde tempos muito recuados. O enigma de Esfinge constitui uma concepção primitiva da sabedoria. Na verdade, a palavra que designa enigma em inglês, *riddle*, deriva da raiz *to rede*, que significa decifrar, deslindar. Entre muitos povos primitivos, a escrita e a feitiçaria não andavam muito distantes uma da outra. O respeito pela escrita vai tão longe em certas regiões da China que as pessoas relutam em atirar fora retalhos de velhos jornais e fragmentos inúteis de livros.

Próximo de tôdas essas manifestações está o fenômeno da "magia do nome", no qual membros de certas culturas ostentam, do nascimento à morte, nomes que não são propriamente os seus, a fim de não darem a um feiticheiro a vantagem de conhecer-lhes os verdadeiros nomes. De tais casos, o que nos é mais familiar é o nome de Jeová dos ju-

deus, em que as vogais foram tiradas do outro nome de Deus, "Adonai", a fim de que o Nome do Poder não seja blasfemado ao ser pronunciado por bôcas profanas.

Da magia dos nomes a um interêsse mais profundo e mais científico pela linguagem vai apenas um passo. Como interêsse pela crítica textual da autenticidade das tradições orais e dos textos escritos, remonta êle às mais antigas civilizações. Um texto sagrado deve ser conservado puro. Quando há leituras divergentes, têm elas de ser resolvidas por algum comentador crítico. Dessarte, a Bíblia dos cristãos e dos judeus, os livros sagrados dos persas e dos hindus, as escrituras budistas, os escritos de Confúcio, todos têm seus antigos comentadores. O que se aprendeu para manutenção da verdadeira religião continuou como disciplina literária, e a crítica textual é um dos mais antigos estudos intelectuais.

Durante a maior parte do século passado, a história filológica se reduziu a uma série de dogmas que, por vêzes, demonstram surpreendente ignorância da natureza da linguagem. O modelo de evolucionismo darwiniano da época foi tomado muito a sério e sem nenhum espírito crítico. Como tôda esta matéria depende, da maneira mais íntima, de nossas concepções acêrca da natureza da comunicação, comentá-la-ei com certa minuciosidade.

As especulações antigas acêrca do hebraico como língua do homem no Paraíso e de a confusão dos idiomas ter-se originado na construção da Tôrre de Babel, só devem nos interessar, aqui, como precursoras primitivas do pensamento científico. Todavia, os progressos posteriores do pensamento filológico conservaram, por longo tempo, análoga ingenuidade. Que as línguas se aparentam entre si e que sofrem alterações progressivas, que acabam por convertê-las em línguas totalmente diferentes — eis observações que não podiam passar despercebidas por muito tempo às argutas mentes filológicas da Renascença. Um livro como o *Glossarium Mediae atque Infimae Latinitatis*, de Duncange, não poderia existir sem que fôsse evidente que as raízes das línguas românicas se encontram não apenas no

latim, mas no latim vulgar. Deve ter havido muitos rabis eruditos que estavam bem cômscios da perecência do hebraico, do árabe e do siríaco entre si. Quando, por recomendação do tão denegrado Warren Hastings, a Companhia das Índias Orientais fundou sua Escola de Estudos Orientais em Forte William, não era mais possível ignorar que o grego e o latim, de uma parte, e o sânscrito, de outra, haviam sido talhados do mesmo pano. Nos primórdios do século passado, o trabalho dos irmãos Grimm e do dinamarquês Rask não apenas demonstrou que as línguas teutônicas entravam na órbita do chamado grupo indo-europeu, como serviu, outrossim, para tornar evidentes as relações lingüísticas desses idiomas entre si e com um suposto e distante antepassado comum.

Dessarte, o evolucionismo na linguagem é anterior ao refinado evolucionismo darwiniano na Biologia. Válido como era, êsse evolucionismo principiou muito cedo a superar o evolucionismo biológico em campos em que êste não era aplicável. Êle pressupunha que as línguas eram entidades independentes, quase biológicas, cujos desenvolvimentos eram modificados inteiramente por fôrças e necessidades internas. São elas, em realidade, epifenômenos do intercurso humano, sujeitos a tôdas as fôrças sociais devidas a mudanças no padrão dêsse intercurso.

Diante da existência de *Mischsprachen*, de idiomas como a língua franca, o swahili, o ídiche, o jargão chinuque, e mesmo, em considerável medida, o inglês, houve uma tentativa de rastrear cada língua até um único antepassado comum, e tratar os demais participantes de seu nascimento como apenas padrinhos do recém-nascido. Tem havido distinção acadêmica entre formações fonéticas legítimas, que obedecem a leis aceites, e acidentes lamentáveis tais como palavras ocasionais, etimologias populares e gíria. Do lado gramatical, a tentativa original de forçar tôdas as línguas, de qualquer origem que fôssem, para dentro da camisa de fôrça manufaturada para o latim e o grego, foi seguida da tentativa, quase tão rigorosa, de formar para cada um delas seu próprio paradigma de construção.

Até a obra recente de Otto Jespersen, praticamente não houve nenhum grupo considerável de filólogos que tivesse objetividade bastante para fazer de sua ciência uma representação da linguagem como é realmente falada e escrita, em vez de tentativa escolar de ensinar aos esquimós como falar esquimó, ou aos chineses como escrever chinês. Os efeitos do descabido purismo gramatical poderão ser bem apreciados fora do âmbito escolar. O primeiro dêles talvez seja a maneira por que a língua latina, tal como a geração mais antiga de deuses clássicos, foi assassinada por sua própria progênie.

Durante a Idade Média, latim de variável qualidade, o melhor deveras aceitável a qualquer um que não fôsse um pedante, continuou sendo a linguagem universal do clero e de todos os homens cultos da Europa ocidental, assim como o árabe no mundo muçulmano, até os dias de hoje. Esse continuado prestígio do latim foi tornado possível graças à disposição daqueles que o falavam e escreviam de tomar emprestado a outras línguas, ou construir dentro da estrutura do próprio latim, tudo quanto fôsse necessário para a discussão dos ardentes problemas filosóficos da época. O latim de S. Tomás não é o latim de Cícero, mas Cícero não teria sido capaz de discutir as idéias tomistas em latim ciceroniano.

Poder-se-ia pensar que a ascensão das línguas vulgares da Europa tivesse necessariamente assinalado o fim da função do latim. Não é assim. Na Índia, malgrado a proliferação de línguas neo-sanscríticas, o sânscrito tem demonstrado notável vitalidade, que dura até os dias de hoje. O mundo muçulmano, conforme já se disse, está unificado pela tradição do árabe clássico, embora a maior parte dos muçulmanos não fale árabe e o árabe atualmente falado se tenha dividido numa porção de dialetos assaz diferentes entre si. É muito possível, para uma língua que não seja mais língua de comunicação comum, perdurar como língua erudita, durante gerações, ou mesmo séculos. O hebraico moderno sobreviveu por dois mil anos — o hebraico já não era usado no tempo de Cristo — e, em verdade, voltou a impor-se como uma língua moderna da vida diária. No

ponto que ora estou discutindo, refiro-me apenas ao latim como língua de eruditos.

Com o advento da Renascença, os padrões artísticos dos latinistas se tornaram mais altos e se manifestou, cada vez mais, a tendência de rejeitar todos os neologismos pós-clássicos. Nas mãos dos grandes eruditos italianos da Renascença, êsse latim reformado podia ser, e amiúde o era, uma obra de arte; o adestramento necessário, porém, para manejar ferramenta tão delicada e refinada ultrapassava o eventual adestramento do cientista, cuja principal atividade tem sempre de preocupar-se mais com o conteúdo que com a perfeição de forma. O resultado disso foi que as pessoas que ensinavam latim e as que o usavam se tornaram duas classes cada vez mais separadas entre si, a ponto de os mestres evitarem ensinar a seus discípulos outra coisa que não fôsse a mais aprimorada e inutilizável linguagem ciceroniana. Nesse vácuo, acabaram por eliminar tôda função para si mesmos, salvo a de especialistas; e como a especialidade do latinismo veio a ser cada vez menos solicitada, aboliram sua própria função. Por êste pecado de orgulho, temos hoje de pagar com a falta de uma língua internacional adequada, que seja superior a línguas artificiais como o esperanto e adequada às exigências da atualidade.

Aí, as atitudes dos classicistas estão, amiúde, além da compreensão do leigo inteligente! Tive, recentemente, o privilégio de ouvir o discurso de paraninfo de um classicista que deplorava a crescente força centrífuga do saber moderno, que faz com que o cientista natural, o cientista social e o homem de letras se afastem cada vez mais um do outro. Êle deu ao seu discurso a forma de um passeio imaginário que realizou por uma universidade moderna, na qualidade de guia e mentor de um Aristóteles reencarnado. Começou por colocar no pelourinho amostras de jargão técnico de cada campo intelectual moderno, que êle se imaginava apresentando a Aristóteles como horrendos exemplos. Ser-me-á permitido observar que tudo quanto possuímos de Aristóteles são cadernos de notas de seus discípulos, escritos num dos mais intrincados jargões técnicos da história do mundo, e totalmente ininteligíveis para qual-

quer grego seu contemporâneo que não tivesse passado pela disciplina do Liceu? Que tal jargão tenha sido santificado pela História, de modo a tornar-se êle próprio objeto da educação clássica, não vem ao caso, pois isso aconteceu após Aristóteles, não contemporaneamente com êle. O importante é que a língua grega da época de Aristóteles estava pronta a estabelecer um compromisso com o jargão técnico de um sábio ilustre, ao passo que mesmo o inglês de seus eruditos e reverendos sucessores não quer comprometer-se com as necessidades similares da linguagem moderna.

Com estas palavras admoestatórias, voltemos a um ponto de vista moderno que assimila a atividade de tradução lingüística, e as atividades afins de interpretação da linguagem pelo ouvido e pelo cérebro, ao trabalho e acoplamento de rês de comunicação não-humana. Ver-se-á que isto está realmente de acôrdo com as concepções modernas, e outrora heréticas, de Jespersen e sua escola. A gramática não é mais fundamentalmente normativa. Tornou-se fatural. O problema não é que código devamos usar, mas que código usamos. É bem verdade que, no estudo mais apurado da língua, questões normativas surgem efetivamente, e são muito delicadas. Não obstante, representam a última flor refinada do problema da comunicação, e não seus estágios mais fundamentais.

Estabelecemos, assim, no homem, a base para o mais simples elemento de sua comunicação, a saber, a comunicação de homem com homem pelo uso imediato da linguagem, quando dois homens se defrontam. A invenção do telefone, do telégrafo, e de outros meios de comunicação semelhantes, mostraram que tal capacidade não se restringe, intrinsecamente, à presença imediata do indivíduo, pois dispomos de numerosos meios de levar êste utensílio de comunicação até os confins da Terra.

Entre os grupos primitivos, o tamanho da comunidade é restringido, no tocante a uma efetiva vida comunal, pela dificuldade de transmitir a linguagem. Por muitos milênios, essa dificuldade foi o bastante para reduzir o ta-

manho ideal do Estado a algo da ordem de uns poucos milhões de pessoas, e, geralmente, a até menos. É de se notar que os grandes impérios que transcenderam tal limitado tamanho foram mantidos unos por meios de comunicação aperfeiçoados. O núcleo essencial do Império Persa era a Estrada Real e as mudas de mensageiros que conduziam a Palavra Real ao longo dela. O grande império romano se tornou possível tão-sòmente devido ao progresso feito por Roma na construção de estradas. Tais estradas serviam para transportar não apenas as legiões como também a autoridade escrita do Imperador. Com o aeroplano e o rádio, a palavra dos governantes alcança os confins da Terra e grande número de fatores que anteriormente impossibilitavam a existência de um Estado Mundial foram abolidos. É mesmo possível sustentar que a comunicação moderna, que nos força a adjudicar as pretensões internacionais de diferentes sistemas de radiodifusão e de diferentes rêdes de transporte aéreo, tornou o Estado Mundial inevitável.

Mas por mais eficientes que os mecanismos de comunicação se tornem, continuam a estar, como sempre estiveram, sujeitos à irresistível tendência para aumento da entropia, para perda de informação em trânsito, a menos que certos agentes externos sejam introduzidos para controlá-la. Já mencionei uma interessante concepção da linguagem de autoria de um filólogo de mentalidade cibernética: a de que a linguagem é um jôgo conjunto, de quem fala e de quem ouve, contra as fôrças da confusão. Com base nesta descrição, o Dr. Benoit Mandelbrot fêz certos cálculos no tocante à distribuição da extensão das palavras numa linguagem ótima e comparou êsses resultados com os que obtivera nas línguas existentes. Os resultados de Mandelbrot indicam que uma linguagem ótima, de acôrdo com certos postulados, exhibirá, de modo muito definido, certa distribuição de extensão entre as palavras. Tal distribuição é muito diferente da que se encontrará numa língua artificial como o esperanto ou volapuque. Por outro lado, está notavelmente próxima da que se encontra na maior parte das línguas atuais que resistiram ao atrito

do uso durante séculos. Os resultados de Mandelbrot não dão, é bem verdade, uma distribuição absolutamente fixa da extensão das palavras; em suas fórmulas, ocorrem ainda certas quantidades que têm de ser atribuídas, ou, como os matemáticos as chamam, *parâmetros*. Contudo, pela escolha adequada desses parâmetros, os resultados teóricos de Mandelbrot ajustam-se muito de perto à distribuição de palavras em muitas línguas existentes, indicando que existe certa seleção natural entre elas, e que a forma de uma língua que sobrevive, pelo próprio fato de seu uso e sobrevivência, viu-se compelida a assumir uma condição que lembra, não muito remotamente, uma forma ótima de distribuição.

O desgaste da língua pode ser devido a diversas causas. A língua pode lutar simplesmente contra a tendência da Natureza a confundi-la ou contra deliberados intentos humanos da subverter-lhe o significado*. O discurso comunicativo normal, cujo maior oponente é a tendência entrópica da própria Natureza, não se defronta com um inimigo ativo, consciente de seus propósitos. O discurso forense, por outro lado, tal como o encontramos nos tribunais, nos debates legislativos, e assim por diante, enfrenta uma oposição muito mais formidável, cujo desígnio consciente é o de restringir, e mesmo destruir, o seu significado. Desarte, uma teoria adequada da linguagem como jôgo deveria distinguir entre essas duas variedades de linguagem, uma das quais se destina, fundamentalmente, a transmitir informação e a outra a contrapor um ponto de vista a uma oposição deliberada. Não sei se algum filólogo já fez as observações técnicas e as proposições teóricas necessárias para, de acôrdo com nossos escopos, distinguir essas duas classes de linguagem; estou inteiramente seguro, porém, de que são formas substancialmente diferentes. Falarei mais acêrca da linguagem forense num capítulo ulterior, que trata da linguagem e da lei.

* É também a propósito, neste caso, o aforismo de Einstein citado no Capítulo II.

O desejo de utilizar a Cibernética da semântica como disciplina destinada a controlar a perda de significado da linguagem já deu origem a certos problemas. Parece necessário fazer alguma espécie de distinção entre a informação tomada de modo brutal e abrupto e aquêle tipo de informação com base na qual nós, como seres humanos, possamos agir efetivamente ou, *mutatis mutandis*, a máquina possa agir efetivamente. Na minha opinião, a distinção e dificuldade básicas, no caso, derivam do fato de que não é a quantidade de informação enviada que é importante para a ação, mas, antes, a quantidade de informação que, penetrando num instrumento de comunicação e armazenagem, seja o bastante para servir como disparador da ação.

Eu disse que qualquer transmissão ou manejo de mensagens reduz o teor de informação que contém, a menos que se introduza nova informação, constituída ou de novas sensações ou de reminiscências que haviam sido anteriormente excluídas do sistema de informação. Tal formulação é, como vimos, outra versão da segunda Lei da Termodinâmica. Consideremos, agora, o sistema de informação usado para controlar a espécie de subestação de energia elétrica de que falamos atrás, neste mesmo capítulo. O importante não é apenas a informação que introduzimos na linha, mas o que dela resta após ter passado pela maquinaria final encarregada de abrir ou fechar portas, sincronizar geradores e realizar operações similares. Num sentido, êsse aparelhamento terminal pode ser considerado como um filtro acrescentado à linha de transmissão. Informação semanticamente significativa do ponto de vista cibernético é aquela que atravessa a linha mais o filtro, melhor do que a que apenas atravessa a linha. Por outras palavras, quando ouço um trecho de música, a maior parte dos sons chega aos meus órgãos sensórios e alcança meu cérebro. Contudo, se me faltar a percepção e o adestramento necessários para a compreensão estética da estrutura musical, essa informação deparará com um bloqueio, ao passo que se eu fôsse um músico adestrado, ela encontraria uma estrutura ou organização interpretadora, que exibiria o padrão numa forma significativa, capaz de

conduzir à apreciação e ulterior compreensão estética. Informação semânticamente significativa, na máquina como no homem, é a informação que chega a um mecanismo ativador no sistema que a recebe, a despeito dos esforços do homem e / ou da Natureza para corrompê-la. Do ponto de vista da Cibernética, a semântica define a extensão do significado e lhe controla a perda num sistema de comunicações.

A ORGANIZAÇÃO COMO MENSAGEM

O presente capítulo conterà um elemento de fantasia. A fantasia sempre estêve a serviço da Filosofia, e Platão não se envergonhou de revestir sua epistemologia da metáfora da caverna. O Dr. J. Bronowski, entre outros, assinalou que a Matemática, que a maioria de nós vê como a mais fatal de tôdas as ciências, constitui a mais colossal metáfora imaginável, e deve ser julgada, estética e intelectualmente, em têrmos do êxito dessa metáfora.

A metáfora a que devoto êste capítulo é aquela em que o organismo é visto como mensagem. O organismo se opõe ao caos, à desintegração, à morte, da mesma maneira por que a mensagem se opõe ao ruído. Para descrever um organismo, não cuidamos de especificar-lhe cada uma das moléculas, de catalogá-lo pormenorizadamente, mas, antes, de responder a certas questões a seu respeito, que lhe revelam a configuração: configuração que se torna mais significativa e menos provável à medida que o organismo se faz, por assim dizer, mais completamente organismo.

Já vimos que certos organismos, como o do homem, tendem a manter durante algum tempo, e freqüentemente mesmo a aumentar, o nível de sua organização, como um enclave local no fluxo geral de crescente entropia, de caos e des-diferenciação crescentes. A vida é uma ilha, aqui e agora, num mundo agonizante. O processo pelo qual nós, sêres vivos, resistimos ao fluxo geral de corrupção e desintegração é conhecido por *homeostase*.

Podemos continuar a viver no meio ambiente muito especial que transportamos conosco somente até o momento em que começamos a desintegrar-nos mais rapidamente do que nos podemos reconstituir. Então morreremos. Se nossa temperatura corporal elevar-se ou baixar de um grau de seu nível normal de 37°C, logo começaremos a percebê-lo, e se se elevar ou baixar de cinco graus, estaremos na iminência de morrer. O oxigênio, o bióxido de carbono e o sal em nosso sangue, os hormônios a fluírem de nossas glândulas endócrinas, são todos regulados por mecanismos que tendem a resistir a quaisquer alterações adversas em seus níveis. Tais mecanismos constituem aquilo que é conhecido por homeostase; são mecanismos de realimentação negativa, de um tipo que podemos encontrar exemplificado em autômatos mecânicos.

O padrão mantido por essa homeostase é que é a pedra de toque de nossa identidade pessoal. Nossos tecidos se alteram à medida que vivemos: o alimento que ingerimos e o ar que respiramos tornam-se carne de nossa carne, osso de nossos ossos, e os elementos momentâneos de nossa carne e de nossos ossos são-nos eliminados diariamente do corpo por meio dos excretos. Não passamos de remoinhos num rio de água sempre a correr. Não somos material que subsista, mas padrões que se perpetuam a si próprios.

Um padrão é uma mensagem e pode ser transmitido como tal. Para que mais utilizamos nosso rádio senão para transmitir padrões de som, e nosso aparelho de televisão senão para transmitir padrões de luz? É divertido, tanto quanto instrutivo, imaginar o que aconteceria se transmitíssemos o padrão global do corpo humano, do cérebro humano com suas recordações e suas conexões entrecruzadas, de modo que um hipotético instrumento receptor pudesse reincorporar tais mensagens numa matéria apropriada, capaz de dar continuidade a processos já em curso no corpo e na mente, e de manter a integridade necessária a tal continuidade por via de um processo de homeostase.

Tratemos de invadir o terreno da ficção científica. Há cerca de quarenta e cinco anos, Kipling escreveu um pequeno conto dos mais notáveis. Era na época em que os

vôos dos irmãos Wright se haviam tornado familiares a tôda a gente, mas antes de a aviação ter-se constituído em assunto corriqueiro. Chamou êle a êsse conto "Com a Mala Noturna"; o conto pretende ser a descrição de um mundo como o de hoje, em que a aviação se houvesse convertido em coisa rotineira e o Atlântico em um lago que se podia atravessar numa única noite. Ele presumia que as viagens aéreas haviam unificado o mundo de tal modo que a guerra se tinha tornado obsoleta, e que todos os assuntos realmente importantes do mundo estavam nas mãos de uma Junta Aérea de Contrôlo, cuja responsabilidade essencial se estendia a "tudo quanto isso implicava". Dessa maneira, imaginava êle que as várias autoridades locais tivessem sido gradualmente compelidas a abandonar seus direitos, ou permitido que seus direitos locais caducassem; e que a autoridade central da Junta Aérea de Contrôlo houvesse assumido tais responsabilidades. O quadro que Kipling nos apresenta é assaz fascista, o que se torna compreensível em razão de seus pressupostos intelectuais, conquanto não seja o Fascismo condição necessária da situação que êle considera. Seu milênio é o milênio de um coronel britânico de volta da Índia. Ademais, afeiçoado às engenhocas constituídas por uma porção de engrenagens a rodar e a fazer barulho, Kipling pôs em evidência o generalizado transporte físico do homem, não o transporte da linguagem e das idéias. Não parece êle se dar conta de que até onde vai a palavra do homem, seu poder de percepção, vai também seu domínio, e, em certo sentido, sua existência física. Ver e dar ordens ao mundo inteiro é quase o mesmo que estar em tôda parte. Malgrado suas limitações, Kipling tinha, não obstante, visão de poeta, e a situação que previa parece estar a extinguir-se rapidamente.

Para compreender a importância maior do transporte de informação comparativamente ao mero transporte físico, suponhamos um arquiteto na Europa superintendendo a construção de um edificio nos Estados Unidos. Estou admitindo, naturalmente, a existência de um quadro de competentes construtores, escriturários de obra, etc., no local de construção. Em tais condições, mesmo sem transmitir

ou receber quaisquer utilidades materiais, o arquiteto pode desempenhar papel ativo na construção do edifício. Que êle trace, como de hábito, seus planos e especificações. Mesmo atualmente, não há razão para que as montéias dêses planos e especificações sejam transmitidas ao local de construção no mesmo papel em que foram desenhados na sala de trabalho do arquiteto. O Ultrafax possibilita transmitir, numa fração de segundo, um fac-símile de todos os documentos necessários, e as cópias recebidas são tão boas montéias quanto as originais. O arquiteto pode manter-se a par do progresso da obra por meio de registros fotográficos tomados diàriamente, ou várias vêzes ao dia, e tais registros lhe podem ser enviados por Ultrafax. Quaisquer observações ou conselhos que deseje dar ao seu representante na obra podem ser transmitidos por telefone, Ultrafax ou teleescritor. Em resumo, a transmissão corporal do arquiteto e seus documentos pode ser substituída, de maneira muito eficaz, pela transmissão de comunicações por mensagem, que não acarreta a movimentação de uma só particula de matéria de uma extremidade da linha a outra.

Considerando os dois tipos de comunicação — a saber, transporte material e transporte de informação apenas —, vê-se que é possível atualmente, para uma pessoa, ir de um lugar a outro sòmente pelo primeiro, e não como mensagem. Contudo, mesmo agora, o transporte de mensagens serve para enviar, de um a outro confim do mundo, uma extensão dos sentidos do homem e de suas aptidões para a ação. Já sugerimos, neste mesmo capítulo, que a distinção entre transporte material e transporte de mensagem não é, em qualquer sentido teórico, permanente e infranqueável.

Isso nos leva ao cerne da questão da individualidade humana. O problema da natureza da individualidade humana e da barreira que separa uma personalidade de outra é tão antigo quanto a História. A religião cristã e seus antecedentes mediterrânicos o incorporaram na noção de *alma*. O individuo possui uma alma, dizem os cristãos, que passou a existir pelo ato da concepção, mas que continuará em existência por tôda a eternidade, quer entre os Bem-

-aventurados, quer entre os Danados, ou numa das pequenas lacunas do Limbo, que a fé cristã admite.

Os budistas seguem uma tradição que concorda com a cristã no atribuir à alma continuidade após a morte, mas tal continuidade se situa no corpo de outro animal ou ser humano, não nalgum Céu ou Inferno. Há, em verdade, Céus e Infernos budistas, conquanto a estada do indivíduo nêles seja geralmente temporária. No derradeiro Céu dos budistas, contudo, o estado de Nirvana, a alma perde sua identidade própria e se dissolve na Grande Alma do Universo.

Tais concepções se constituíram sem o benefício da influência da Ciência. A mais interessante das primeiras explicações científicas da continuidade da alma é a de Leibnitz, que concebe a alma como pertencente a uma classe mais vasta de substâncias espirituais permanentes, a que deu o nome de *mônadas*. Essas *mônadas* passavam tôda sua existência desde a criação no ato de se aperceberem umas das outras, embora algumas tivessem percepção de maior nitidez e precisão e outras percepção de natureza confusa e enevoada. Tal percepção não representa, todavia, nenhuma interação verdadeira das *mônadas*. As *mônadas* "não têm janelas" e foram encadeadas por Deus na criação do mundo, de maneira que mantivessem entre si as relações preestabelecidas por tôda a eternidade. São indestrutíveis.

Por trás da concepção filosófica das *mônadas* de Leibnitz estão algumas especulações biológicas muito interessantes. Foi na época de Leibnitz que Leewenhoek utilizou, pela primeira vez, o microscópio simples no estudo de animais e plantas assaz diminutos. Entre os animais que examinou estavam os espermatozóides. Nos mamíferos, é infinitamente mais fácil encontrar e examinar espermatozóides que óvulos. Os óvulos humanos são emitidos um por vez, e óvulos uterinos não fertilizados ou embriões nas primeiras fases de desenvolvimento eram, até bem pouco, raridades nas coleções anatômicas. Dessarte, os primeiros microscopistas se sentiam muito naturalmente tentados a considerar os espermatozóides como o único ele-

mento importante no desenvolvimento da progênie, e a ignorar inteiramente a possibilidade do ainda então inobservado fenômeno da fertilização. Ademais, a imaginação lhes fazia ver, no segmento frontal, ou cabeça do espermatozóide, um minúsculo feto enrolado com a cabeça para a frente. Supunha-se que esse feto trazia em si espermatozóides que se iriam desenvolver na geração seguinte de fetos e adultos, e assim por diante, *ad infinitum*. Pensava-se que a mulher fôsse tão-sòmente a nutriz do espermatozóide.

Evidentemente, do ponto de vista moderno, tal biologia é simplesmente falsa. O espermatozóide e o óvulo são participantes, em pé de quase igualdade, na determinação da hereditariedade individual. Além disso, as células germinativas da geração futura estão contidas nêles *in posse*, e não *in esse*. A matéria não é infinitamente divisível, e nem sequer, de qualquer ponto de vista absoluto, sutilmente divisível; e as sucessivas reduções necessárias para formar o espermatozóide de Leewenhoek de ordem moderadamente superior, nos levariam, celeremente, para além dos níveis eletrônicos.

Na concepção que prevalece atualmente, opondo-se à concepção leibnitziana, a continuidade de um indivíduo têm um início assaz definido no tempo, mas pode ter inclusive um término no tempo bem distinto da morte do indivíduo. É sabido que a primeira divisão celular do óvulo fertilizado de uma rã resulta em duas células, que podem ser separadas, em condições apropriadas. Se o forem, cada uma delas se desenvolverá numa rã completa. Isto não é mais que o fenômeno normal de gêmeos idênticos, num caso em que a acessibilidade anatômica do embrião é suficiente para permitir a experimentação. É exatamente o que ocorre no caso de gêmeos humanos idênticos, e constitui fenômeno normal naqueles tatus que produzem uma ninhada de quádruplos idênticos a cada parto. É, ademais, o mesmo fenômeno que dá origem aos monstros duplos, quando a separação das duas partes do embrião é incompleta.

Esse problema da ocorrência de gêmeos, todavia, pode não parecer, à primeira vista, tão importante quanto real-

mente é, porque não diz respeito a animais ou seres humanos dotados do que possa ser considerado mentes e almas bem desenvolvidas. Nem mesmo o problema do monstro duplo, dos gêmeos imperfeitamente separados, é assaz grave, nesse particular. Monstros duplos vivedouros devem sempre possuir ou um único sistema nervoso central ou dois cérebros separados bem desenvolvidos. A dificuldade surge em outro nível, no problema de personalidades divididas.

Há uma geração atrás, o Dr. Morton Prince, de Harvard, relatou o caso de uma moça em cujo corpo diversas personalidades, mais ou menos bem desenvolvidas, pareciam suceder-se umas às outras, e mesmo, em certa medida, co-existir. É moda, hoje em dia, os psiquiatras torcerem um pouco o nariz quando se menciona a obra do Dr. Prince, e atribuírem o fenômeno à histeria. É muito possível que a separação das personalidades não fôsse nunca tão completa quanto parece ter Prince acreditado, por vezes, mas, não obstante isso, era uma separação. A palavra "histeria" se refere a um fenômeno bem observado pelos médicos, mas tão pouco explicado que pode ser considerado outro epíteto suscitador de interrogações.

De qualquer modo, uma coisa é evidente. A identidade física de um indivíduo não consiste na matéria de que é feito. Os modernos métodos de rastrear os elementos que participam do metabolismo evidenciaram uma movimentação muito mais alta do que a julgada possível durante muito tempo; e não apenas do organismo como um todo, mas de cada uma de suas partes componentes. A individualidade biológica de um organismo parece residir numa certa continuidade de processo, e na memorização, pelo organismo, dos efeitos de seus desenvolvimentos pretéritos. Isso parece também aplicar-se ao seu desenvolvimento mental. Em termos de máquina computadora, a individualidade de uma mente está na retenção de seus anteriores registros e recordações e no seu contínuo desenvolvimento segundo linhas já traçadas.

Em tais condições, assim como uma máquina computadora pode ser usada como um padrão no qual se gravem

outras máquinas computadoras, e assim como o desenvolvimento futuro destas duas máquinas continuará a ser paralelo, salvo pelas futuras alterações de registro e experiência, assim também não há nenhuma incongruência em um indivíduo vivo bifurcar-se em dois indivíduos que partilham o mesmo passado, mas que se vão tornando cada vez mais diferentes. É o que acontece com gêmeos idênticos; entretanto, não há razão para que tal não possa acontecer com o que chamamos mente, sem que haja cisão equivalente do corpo. Para usar novamente a linguagem de máquinas computadoras, nalgum estágio, uma máquina que fôra previamente montada de maneira integrada pode ver-se com suas conexões dividida em conjuntos parciais de maior ou menor grau de independência. Isto seria uma explicação plausível das observações de Prince.

Ademais, é concebível que duas grandes máquinas que não tivessem sido anteriormente acopladas possam ser acopladas de modo a trabalhar, dêsse estágio em diante, como uma só máquina. Em verdade, tal espécie de coisa ocorre na união das células germinativas, embora não no que chamaríamos, ordinariamente, um nível puramente mental. A identidade mental exigida pela concepção da Igreja no tocante à individualidade da alma não existe, certamente, em nenhum sentido absoluto que possa satisfazer à Igreja.

Para recapitular: a individualidade do organismo é antes a de uma chama que a de uma pedra, de uma forma mais que de um bocado de substância. Essa forma pode ser transmitida ou modificada e duplicada, embora, presentemente, saibamos apenas como duplicá-la numa curta distância. Quando uma célula se divide em duas, ou quando um dos genes que transporta nosso patrimônio hereditário corpóreo e mental se cinde a fim de preparar-se para a divisão redutora de uma célula germinativa, temos uma separação de matéria condicionada pelo poder de duplicar-se de um padrão de tecido vivo. Como tal acontece, não há distinção absoluta entre os tipos de transmissão que podemos utilizar para enviar um telegrama de um país a outro e os tipos de transmissão que, pelo menos teórica-

mente, são possíveis para a transmissão de um organismo vivo, tal como o ser humano.

Admitamos, então, que a idéia de que uma pessoa poderia concebivelmente viajar por telégrafo, além de poder viajar por trem ou aeroplano, não é intrinsecamente absurda, por mais remota que pareça a sua realização. As dificuldades, claro está, são enormes. É possível estimar algo assim como a quantidade de informação significativa transportada por todos os genes de uma célula germinativa, e, portanto, determinar a quantidade de informação hereditária, comparativamente à de informação aprendida, que um ser humano possui. Para que tal mensagem possa ter alguma significação, deve transportar, pelo menos, tanta informação quanto uma coleção completa da *Enciclopédia Britânica*. De fato, se compararmos o número de átomos de carbono assimétrico existentes em tôdas as moléculas de uma célula germinativa com o número de traços e pontos necessários para codificar a *Enciclopédia Britânica*, verificaremos que constituem uma mensagem ainda mais enorme; e isso se torna sobremaneira impressionante quando pensamos em quais deverão ser as condições para a transmissão telegráfica de semelhante mensagem. Qualquer perscrutação do organismo humano tem de ser uma sonda que lhe atravesse tôdas as partes, e que, por isso, tende a destruir o tecido à medida que avança. Manter um organismo estável enquanto parte do seu ser está sendo lentamente destruída, com a intenção de recriá-lo com outra matéria alhures, implica uma diminuição do seu grau de atividade que, na maioria dos casos, destruiria a vida do tecido.

Por outras palavras, o fato de não podermos telegrafar, de um lugar para outro, o padrão de um homem, parece dever-se a dificuldades técnicas, e, em especial, à dificuldade de manter um organismo em existência durante tal radical reconstrução. A idéia, em si mesma, é muito plausível. Quanto ao problema da reconstrução radical do organismo vivo, seria difícil descobrir qualquer reconstrução dessa espécie que fôsse mais radical que a de uma borboleta durante o seu período de crisálida.

Referi tais coisas não porque deseje escrever uma história de ficção científica acêrca da possibilidade de telegrafar um homem, mas porque esta pode ajudar-nos a entender que a idéia fundamental da comunicação é a transmissão de mensagens, e que a transmissão corpórea de matéria e de mensagens é apenas uma das maneiras concebíveis de atingir êsse fim. Será conveniente reconsiderar a prova de Kipling, da importância do tráfego no mundo moderno, do ponto de vista de um tráfego que é, assoberbadoramente, não tanto a transmissão de corpos humanos quanto a transmissão de informação humana.

VI

LEI E COMUNICAÇÃO

A lei pode ser definida como o contróle ético aplicado à comunicação, e à linguagem enquanto forma de comunicação, especialmente quando tal aspecto normativo esteja sob mando de alguma autoridade suficientemente poderosa para dar às suas decisões o caráter de sanção social efetiva. É o processo de ajuste dos “acoplamentos” que ligam o comportamento dos diferentes indivíduos de maneira tal que aquilo a que chamamos justiça possa ser levado a cabo, e as disputas evitadas, ou, pelo menos, decididas judicialmente. Dessarte, a teoria e prática da lei envolve dois grupos de problemas: os de seu propósito geral, de sua concepção de justiça; e os da técnica pela qual êsses conceitos de justiça possam ser tornados efetivos.

Empiricamente, os conceitos de justiça que os homens têm mantido ao longo da História são tão variados quanto as religiões do mundo ou as culturas reconhecidas pelos antropólogos. Duvido que seja possível justificá-los por qualquer sanção mais alta que o nosso próprio código moral, que, em verdade, é apenas outro termo para designar a nossa concepção de justiça. Como participante de uma concepção liberal que tem suas principais raízes na tradição ocidental, mas que se estendeu àqueles países orientais que possuem uma vigorosa tradição intelectual e moral, e que muito delas tomaram emprestado, posso apenas estatuir aquilo que eu mesmo, e os que me rodeiam, consideramos necessário

para a existência de justiça. As melhores palavras para exprimir tais requisitos são as da Revolução Francesa: *Liberté, Egalité, Fraternité*. Elas significam: a liberdade de cada ser humano desenvolver livremente, em plenitude, as possibilidades humanas que traga em si; a igualdade pela qual o que é justo para A e B continua a ser justo quando as posições de A e B se invertem; e uma boa vontade, entre homem e homem, que não conheça outros limites além dos da própria Humanidade. Esses grandes princípios de justiça significam, e exigem, que nenhuma pessoa, em virtude do poder pessoal de sua posição, constranja, por coação, a um pacto desonesto. A compulsão que a própria existência da comunidade e do Estado possa exigir deve ser exercida de maneira a não ocasionar nenhuma infração desnecessária da liberdade.

Todavia, nem mesmo a maior decência humana e liberalismo bastarão, por si sós, para assegurar um código legal justo e aplicável. Além de informada pelos princípios gerais de justiça, a lei deve ser tão clara e reproduzível que o cidadão individual possa fixar antecipadamente seus direitos e deveres, mesmo quando se afigurem em conflito com os de outrem. Deve possibilitar-lhe determinar, com razoável certeza, de que maneira um juiz ou um júri encarará sua posição. Se não lhe possibilitar isso, o código legal, por mais bem intencionado que possa ser, não lhe consentirá viver uma vida isenta de litígios e confusão.

Consideremos o assunto do mais simples dos pontos de vista — o do contrato. Eis A, que assume a responsabilidade de executar certo serviço que, de modo geral, trará vantagens a B; ao passo que B, em troca, assume a responsabilidade de executar um serviço ou fazer um pagamento que será vantajoso para A. Se ficar inequivocamente claro quais serão essas tarefas e pagamentos, e se uma das partes não recorrer a métodos de impor sua vontade à outra parte que sejam estranhos ao próprio contrato, então a determinação da equidade do pacto poderá ficar confiada, seguramente, ao critério das duas partes contratantes. Se êle fôr manifestamente inequívocativo, dever-se-á admitir que pelo menos uma das partes contratantes estará em condições de poder

rejeitar totalmente o pacto. Todavia, não se pode esperar que as partes ajustem entre si, com um mínimo de equidade, o significado do pacto, se os termos empregados não tiverem nenhuma significação estabelecida, ou se a significação variar de tribunal para tribunal. Dessarte, o primeiro dever da lei é cuidar de que as obrigações e direitos conferidos a um individuo numa certa situação estabelecida sejam inequívocos. Ademais, deverá haver um corpo de interpretação legal que independa, tanto quanto possível, da vontade e da interpretação das autoridades individuais consultadas. A reprodutibilidade antecede a equidade, pois sem ela não poderá haver equidade.

Isto evidencia por que o precedente tem importância teórica muito grande na maioria dos sistemas legais e por que, em todos os sistemas legais, tem tanta importância prática. Existem os sistemas legais que se pretendem baseados em certos princípios abstratos de justiça. O direito romano e seus descendentes, que, de fato, constituem a maior parte da legislação do continente europeu, pertencem a essa classe. Há outros sistemas, como o da legislação inglesa, em que se declara abertamente que o precedente é a base principal do pensamento legal. Em qualquer dos casos, nenhum novo termo jurídico terá significado completamente fixo enquanto este e suas limitações não houverem sido determinados na prática; e isto é uma questão de precedente. Eximir-se em face de uma decisão pronunciada num caso já existente é atacar a unicidade de interpretação da linguagem jurídica e, *ipso facto*, ser causa de imprecisão e, muito provavelmente, de conseqüente injustiça. Cada caso julgado deve fazer progredir a definição dos termos legais envolvidos, de maneira compatível com decisões anteriores, e deve levar, naturalmente, a novas. Cada elemento de fraseologia deve ser pôsto à prova pelo costume do lugar e do campo de atividade humana para o qual seja pertinente. Aos juizes, àqueles a quem está confiada a tarefa de interpretar a lei, cumpre desempenhar sua função com espírito tal que se o Juiz A fôr substituído pelo Juiz B, não se possa esperar que a mudança produza alteração material na interpretação, pelo

tribunal, dos costumes e dos estatutos. Isto, naturalmente, deve continuar a ser, em certa medida, mais um ideal que um *fait accompli*; entretanto, a menos que sejamos estritos seguidores dêsses ideais, teremos caos, e, o que é pior, uma terra de ninguém em que homens desonestos exploram as diferenças de possível interpretação dos estatutos.

Tudo isto é bastante óbvio no respeitante a contratos; em realidade, porém, estende-se a numerosos outros ramos do Direito, particularmente do Direito Civil. Permita-se-me um exemplo. A, por causa do descuido de um empregado B, danifica algo que pertence a C. A quem caberá sofrer o prejuízo, e em que proporção? Se tais assuntos forem igualmente conhecidos de antemão por todos, então será possível, à pessoa que normalmente assuma o maior risco, cobrar um preço mais alto pelos seus serviços e assim garantir-se. Por via disso, poderá anular parte considerável de sua desvantagem. O efeito geral será o de difundir a perda pela comunidade, de modo que não seja ruinoso o quinhão que caiba a cada um. Dessarte, a lei de danos tende a partilhar algo da natureza da lei de contratos. Qualquer responsabilidade legal que envolva possibilidades exorbitantes de prejuízo fará, via de regra, com que a pessoa exposta ao prejuízo transfira o risco à comunidade em geral, sob a forma de um preço maior por suas mercadorias ou bens, ou de honorários mais altos pelos seus serviços. Aqui, como no caso de contratos, a ausência de ambigüidade, o precedente e uma boa e lúcida tradição interpretativa valem mais que uma equidade teórica, particularmente no que respeita à determinação de responsabilidades.

Existem, evidentemente, exceções a tais afirmativas. Por exemplo, a velha lei de prisão por dívida era injusta pelo fato de colocar o indivíduo responsável pelo pagamento da dívida exatamente na posição que o tornava incapaz de obter os meios de saldá-la. Vigoram, ainda hoje, muitas leis iníquas, porque, por exemplo, pressupõem uma liberdade de opção, no tocante a uma das partes, que, nas condições sociais presentes, não existe. O que já se disse acerca de prisão por dívidas é igualmente válido no caso de

peonage,* e de muitos outros costumes sociais do mesmo modo abusivos.

Para podermos pôr em prática uma filosofia de liberdade, igualdade e fraternidade, devemos então acrescentar, à exigência de que a responsabilidade legal esteja isenta de ambigüidade, a exigência de que não seja de natureza tal a permitir que uma das partes fique sob coação enquanto a outra permanece livre. A história de nossos entendimentos com os índios está cheia de exemplos ilustrativos, tanto no que respeita aos perigos de coação como aos de ambigüidade. Desde os primeiros tempos das colônias, os índios não dispunham nem de volume de população nem de igualdade de armas para enfrentar os brancos em base equitativa, especialmente à época em que os chamados tratados territoriais entre brancos e índios estavam sendo negociados. Além dessa flagrante injustiça, havia uma injustiça semântica que era talvez ainda maior. Como povo caçador, os índios não tinham nenhuma idéia de terra como propriedade privada. Para eles, não havia direito de propriedade tal como o domínio pleno de bens herdados, embora tivessem a noção de direitos de caça em territórios específicos. Nos seus tratados com os colonos, o que queriam dizer eram direitos de caça e, via de regra, apenas direitos concomitantes de caça sobre certas regiões. Por outro lado, os brancos acreditavam, se pretendemos dar-lhes à conduta a mais favorável interpretação que lhe pode ser dada, que os índios lhes estavam concedendo direitos de domínio pleno. Em tais circunstâncias, nem mesmo um simulacro de justiça era possível, ou sequer existia.

No que a legislação dos países ocidentais se revela atualmente menos satisfatória é no que respeita à parte criminal. A lei parece considerar a punição ora como uma ameaça para desencorajar outros criminosos potenciais, ora como um ato ritual de expiação por parte do culpado, ora

* Forma de contrato de trabalho, vigorante no Sul dos Estados Unidos, de presidiários sob ordem de um empreiteiro. (N. do T.)

como um recurso para afastá-lo da sociedade e proteger esta do perigo de má conduta reiterada, e ora como um instrumento para a reforma social e moral do indivíduo. Eis quatro diferentes tarefas a serem levadas a cabo por quatro diferentes métodos; e a menos que conheçamos uma maneira acurada de harmonizá-las, tôda a nossa atitude perante o criminoso será contraditória. Atualmente, o Direito Criminal ora fala uma linguagem, ora outra. Enquanto nós, da comunidade, não decidirmos se o que realmente queremos é expiação, ou afastamento, ou reforma, ou desencorajamento de criminosos potenciais, não teremos nem uma coisa nem outra, mas tão-sòmente uma confusão em que o crime engendrará mais crime. Qualquer código que seja constituído por um quarto do preconceito britânico do século XVIII em favor do enforcamento, um quarto de afastamento do criminoso do convívio social, um quarto da política tibia em prol da reforma, e um quarto da política de exhibir, dependurado, um corvo morto para afastar os outros — não nos levará a lugar nenhum.

Formulemos assim a questão: o primeiro dever da lei, quaisquer que sejam o segundo e o terceiro, é o de saber o que deseja. O primeiro dever do legislador ou juiz é o de fazer formulações claras, isentas de ambigüidade, que não apenas os especialistas, mas também o homem comum da época, interpretarão de uma — e de uma só — maneira. A técnica de interpretação de julgamentos passados deve ser de tal espécie que o advogado saiba não apenas o que um tribunal disse, como até mesmo, com grande probabilidade, o que o tribunal irá dizer. Dessarte, os problemas da lei podem ser considerados problemas de comunicação e cibernética — vale dizer, problemas de contrôle sistemático e reiterável de certas situações críticas.

Existem vastos domínios legais onde não há acôrdo semântico satisfatório entre o que a lei pretende dizer e a situação real que considera. Sempre que deixe de existir tal acôrdo teórico, teremos a *mesma espécie de terra de ninguém* com que nos defrontamos quando temos dois sistemas monetários sem uma base aceita de câmbio. Na zona de desacôrdo entre um tribunal e outro, ou um sis-

tema monetário e outro, há sempre um refúgio para o intermediário desonesto, que não aceitará nenhum pagamento, quer financeiro quer moral, que não seja no sistema mais favorável a si, e que pagará somente no sistema em que sacrifique menos. A maior oportunidade para o criminoso, na comunidade moderna, está nessa situação de corretor desonesto nos interstícios da lei. Já assinaei, num dos capítulos anteriores, que o ruído, encarado como um fator de perturbação nas comunicações humanas, é nocivo, mas não conscientemente malévolo. Isto é verdadeiro no que respeita à comunicação científica, e, em larga medida, à conversação ordinária entre duas pessoas. É falso, da maneira a mais enfática, no que respeita à linguagem utilizada nos tribunais.

Tôda a natureza de nosso sistema legal é a de conflito. É uma conversação em que pelo menos três partícipes intervêm — digamos, num caso civil, o queixoso, o querelado, e o sistema legal, conforme o representam o juiz e o júri. Trata-se de um jôgo, no pleno sentido de Von Neumann; um jôgo em que os litigantes tentam, por métodos que são limitados pelo código legal, aliciar o juiz e o júri para seus parceiros. Num jôgo que tal, o advogado da parte contrária, diferentemente da própria Natureza, pode, e deliberadamente tenta, introduzir confusão nas mensagens da parte à qual se está opondo. Procura reduzir-lhes a despropósitos as declarações, e deliberadamente obstrui as mensagens entre seus antagonistas e o juiz e o júri. Nessa obstrução, é inevitável que o lôgro venha, ocasionalmente, a alcançar maior cotação. Nisto, não é preciso tomar as histórias de detetive de Erlic Stanley Gardner no seu valor nominal, como descrições dos procedimentos forenses, para verificar que há ocasiões, nos processos judiciais, em que a burla ou o envio de mensagens com deliberado propósito de ocultar a estratégia do expedidor não somente é permitida como encorajada.

VII

COMUNICAÇÃO, SIGILO E POLÍTICA SOCIAL

No mundo dos negócios, os anos mais recentes têm sido caracterizados por duas tendências opostas, contraditórias mesmo. De um lado, temos uma rede de comunicação, intranacional e internacional, que é a mais completa de quantas a História conheceu. De outro lado, por estímulo do Senador McCarthy e seus imitadores, da cega e exorbitante classificação de informação militar, e dos recentes ataques ao Departamento de Estado, estamos nos acercando de uma sigilosa disposição de espírito que encontra equivalente histórico somente na Veneza da Renascença.

Lá o extraordinariamente preciso serviço de recolta de informações dos embaixadores venezianos (que constitui uma das nossas principais fontes de História européia) se fazia acompanhar de um zelo nacional pelos segredos, exagerado a tal ponto que o Estado ordenava o assassinato confidencial dos artesãos emigrantes, para manter o monopólio de certas artes e ofícios seletos. A moderna brincadeira de guardas e ladrões, que parece caracterizar tanto a Rússia quanto os Estados Unidos, os dois principais disputantes do domínio mundial neste século, sugere o velho melodrama italiano de capa e espada, representado num palco muito mais vasto.

A Itália da Renascença foi também o cenário em que ocorreram os albores da Ciência moderna. Contudo, a Ciên-

cia de hoje é uma empresa muito mais vasta do que a da Itália renascentista. Deveria ser possível examinar todos os elementos de informação e sigilo no mundo moderno com maturidade e objetividade algo maiores que as que eram próprias do pensamento da época de Maquiavel. Tal acontece particularmente em vista do fato de que, como vimos, o estudo da comunicação alcançou hoje um grau de independência e autoridade que a torna uma ciência por direito próprio. Que tem a Ciência moderna a dizer com respeito à posição a funções da comunicação e do sigilo?

Escrevo este livro principalmente para norte-americanos, em cujo meio ambiente os problemas de informação serão avaliados de acordo com um critério padrão norte-americano: como mercadoria, uma coisa vale pelo que puder render no mercado livre. Esta é a doutrina oficial de uma ortodoxia que se torna cada vez mais perigoso questionar, para quem resida nos Estados Unidos. Talvez valha a pena acentuar que ela não representa uma base universal de valores humanos; que não corresponde nem à doutrina da Igreja, que busca a salvação da alma humana, nem à do Marxismo, que estima uma sociedade pelo que ela realizou de certos ideais específicos de bem-estar humano. O destino da informação, no mundo tipicamente norte-americano, é tornar-se algo que possa ser comprado ou vendido.

Não me compete sofismar se tal atitude mercantil é moral ou imoral, crassa ou sutil. Compete-me, isto sim, mostrar que ela conduz a compreensão e tratamento errôneos da informação e dos conceitos que lhe são conexos. Tratarei disso em diversos campos, a começar pelo da lei de patentes.

As cartas-patentes, que concedem a um inventor monopólio limitado do tema de sua invenção, são para ele o que uma carta-patente é para uma corporação. Por detrás de nossa lei e política de patentes está uma filosofia implícita da propriedade privada e dos direitos a ela. Essa filosofia constituía uma aproximação razoavelmente acurada da situação real vigorante no período que ora se finda, em que as invenções eram geralmente feitas na oficina de

artífices especializados. Não constitui ela uma ilustração sequer passável das invenções dos dias atuais.

A filosofia padrão do registro de patentes pressupõe que, por um sistema de tentativas, implicando o que geralmente se denomina de habilidade mecânica, um artífice progrediu de uma dada técnica a um estágio superior, corporificado num aparelho específico. A lei distingue a habilidade necessária para levar a cabo essa nova combinação, da outra espécie de habilidade necessária para descobrir fatos científicos acerca do mundo. Esta segunda espécie de habilidade é rotulada de *descoberta de uma lei da Natureza*, e nos Estados Unidos, bem como em muitos outros países de métodos industriais semelhantes, o código legal nega ao descobridor quaisquer direitos de propriedade sobre uma lei da Natureza que possa ter descoberto. Percebe-se que, a certa altura, essa distinção assumiu caráter assaz prático, pois o inventor de oficina tinha uma tradição e uma formação totalmente diferentes das de um homem de Ciência.

Não se deve, evidentemente, confundir o Daniel Doyce de *Little Dorrit*, de Dickens, com os membros da "Mudfog * Association", que Dickens considera alhures. O primeiro, Dickens o exalta como o artífice dotado de senso comum, com o polegar largo do trabalhador manual e a honestidade do homem que está sempre se defrontando com fatos, ao passo que a "Mudfog Association" não passa de um apelido depreciativo da Sociedade Britânica para o Progresso da Ciência, nos seus primeiros dias. Dickens a vitupera como um agrupamento de sonhadores quiméricos e inúteis, numa linguagem que Swift não teria achado inadequada para descrever os fundadores da Laputa.

Hoje, um moderno laboratório de pesquisas, como o da Companhia Telefônica Bell, embora conserve o sentido prático de Doyce, consiste, realmente, de bisnetos da "Mudfog Association". Se tomarmos Faraday como um proeminente, conquanto típico, membro da antiga Sociedade Bri-

* *Mud*: lama, barro, e *fog*: nevoeiro, bruma. (N. do T.)

tânica para o Progresso da Ciência, a cadeia até os pesquisadores dos laboratórios da Companhia Telefônica Bell dos dias atuais se completará, através de Maxwell e Heaviside, até Campbell e Shannon.

Nos primeiros tempos da invenção moderna, a Ciência estava muito adiante do artífice. O serralheiro estabelecia o nível de competência mecânica. Considerava-se um pistão ajustado a um cilindro de máquina quando, de acordo com Watt, uma moeda fina de meio xelim podia ser inserida, sem folga, entre ambos. O aço era um produto de artífice, para espadas e armaduras; o ferro era o produto fibroso, cheio de escória, do pudlar. Em verdade, Daniel Doyce tinha ainda um longo caminho a percorrer antes que um cientista tão prático quanto Faraday pudesse começar a suplantá-lo. Não é de estranhar que a política da Grã-Bretanha, mesmo quando expressa através de um órgão obtuso como o Departamento de Circunlóquios de Dickens, estivesse mais voltada para Doyce como padrão do verdadeiro invento, do que para os cavalheiros da "Mudfog Society". A família Barnacle, de burocratas hereditários, podia extenuar Doyce, convertê-lo num espectro, de tanto enviá-lo de uma repartição a outra, mas secretamente o temia como representante do novo industrialismo que a estava desalojando. Mas não temia nem respeitava nem compreendia os cavalheiros da "Mudfog Association".

Nos Estados Unidos, Edison representa a transição precisa entre os Doyce e os homens da "Mudfog Association". Ele próprio tinha muito de Doyce, e se mostrava ainda mais desejoso de parecer tal. Não obstante, escolheu boa parte do seu quadro de auxiliares no campo da "Mudfog". Sua maior invenção foi o laboratório de pesquisa industrial, cujo negócio era produzir invenções. A Companhia General Electric, as emprêsas de Westinghouse, e os Laboratórios da Telefônica Bell acompanharam-lhe os passos, empregando cientistas às centenas, enquanto Edison os empregava às dezenas. Invenção passou a significar não o vislumbre de engenhocas do artífice de oficina, mas o resultado de uma cuidadosa e ampla busca levada a cabo por um grupo de cientistas competentes.

Atualmente, a invenção está perdendo seu caráter de mercadoria diante da estrutura intelectual geral das invenções que surgem. Que é que faz de algo uma boa mercadoria? Essencialmente, o fato de poder passar de mão a mão retendo substancialmente seu valor, e de as unidades dessa mercadoria se poderem combinar aditivamente, da mesma forma que o dinheiro pago por elas. A capacidade de conservar-se a si própria é uma propriedade muito conveniente para uma boa mercadoria possuir. Por exemplo, uma dada quantidade de energia elétrica, salvo por perdas diminutas, permanece a mesma em ambas as extremidades da linha de transmissão, e o problema de atribuir um preço justo à energia elétrica em quilowatts-hora não é muito difícil. Uma situação similar se aplica à lei da conservação da matéria. Nossos padrões ordinários de valor são quantidades de ouro, o qual constitui uma espécie de matéria particularmente estável.

A informação, por outro lado, não pode ser conservada tão facilmente, pois, como já vimos, a quantidade de informação comunicada está relacionada com a quantidade não-aditiva conhecida por entropia e dela difere por seu signo algébrico e por um possível fator numérico. Assim como a entropia tende a aumentar espontaneamente num sistema fechado, de igual maneira a informação tende a decrescer; assim como a entropia é uma medida de desordem, de igual maneira a informação é uma medida de ordem. Informação e entropia não se conservam e são inadequadas, uma e outra, para se constituírem em mercadorias.

Para considerar a informação ou ordem do ponto de vista econômico, tomemos como exemplo uma jóia de ouro. Seu valor é composto de duas partes: o valor do ouro, e o da *façon* ou feitura. Quando uma jóia antiga é levada ao penhorista ou avaliador, o valor estável da jóia é apenas o do ouro. O atribuir-se ou não valor adicional à *façon* depende de muitos fatores, tais como a persistência do vendedor, o estilo em voga quando a jóia foi feita, a artesanaria puramente artística, o valor histórico da peça para finalidades de museu, e a resistência do comprador.

Mais de uma fortuna já se perdeu por ignorância da diferença entre êsses dois tipos de valores, o do ouro e o

da feitura. O mercado filatélico, o mercado de livros raros, o mercado de vidraria Sandwich e mobiliário Duncan Phyfe são todos artificiais, no sentido de que, a par do prazer real que a posse de tais objetos dá a seu possuidor, grande parte do valor da *façon* depende não somente da raridade do próprio objeto como da existência momentânea de um grupo ativo de compradores a competirem pela sua posse. Uma depressão, que limite o grupo de compradores possíveis, pode dividir tal valor por um fator quatro ou cinco, e um grande tesouro se desvanece de todo tão-somente por falta de compradores concorrentes. Aconteça uma nova moda popular suplantando a antiga na atenção dos colecionadores em perspectiva, e novamente o mercado poderá tornar-se ilimitado. Não há nenhum denominador comum para o *gosto dos colecionadores*, pelo menos enquanto não nos aproximamos do mais alto nível de valor estético. Mesmo então, os preços pagos pelos grandes quadros são reflexos colossais do desejo do comprador de alcançar reputação de abastado e conhecedor de arte.

O problema da obra de arte como mercadoria suscita grande número de questões, importantes na teoria da formação. Em primeiro lugar, exceto no caso do tipo mais restrito de colecionador, que guarda tôdas as suas posses fechadas a chave, permanentemente, a posse física de uma obra de arte não é suficiente nem necessária para que se possam desfrutar os privilégios de apreciação que ela concede. Em verdade, há certos tipos de obras de arte que são essencialmente públicos, não privados, em seu apêlo, em relação aos quais o problema de posse é quase irrelevante. Um grande afresco dificilmente constitui documento negociável; nem o é, por tal razão, o edifício em cujas paredes está colocado. Quem quer que *tênicamente* seja o proprietário de tais obras de arte, deve pelo menos partilhá-las com o limitado público que frequenta o edifício, e, muito amiúde, com quase tôda gente. Não as pode colocar num gabinete à prova de fogo e comprazer-se voluptuosamente em sua contemplação durante um jantar íntimo oferecido a uns poucos conhecedores, nem encerrá-las completamente como propriedades privativas. Existem muitos poucos afrescos aos quais tenha sido concedido o recato acidental da-

quele executado por Siqueiros, que adorna uma grande parede da prisão mexicana onde êle cumpriu pena por crime político.

Isto no que respeita à mera posse física de uma obra de arte. Os problemas de propriedade, em arte, se situam em nível muito mais profundo. Consideremos a questão da reprodução de obras artísticas. Está fora de dúvida que a quintessência da apreciação artística só é possível com originais, mas é também verdade que um homem pode desenvolver um gôsto artístico amplo e refinado sem jamais ter visto o original de qualquer grande obra, e que, decididamente, a maior parte do apêlo estético de uma criação artística se transmite em reproduções idôneas. O caso da música é parecido. Conquanto o ouvinte ganhe algo de muito importante, no tocante à apreciação de uma composição musical, se estiver presente à execução, seu preparo para o entendimento dessa execução será de tal modo intensificado se ouvir boas gravações da composição, que é difícil dizer qual das duas experiências é a mais ampla.

Do ponto de vista de propriedade, os direitos de reprodução são resguardados pela nossa lei de direitos autorais. Existem outros direitos que nenhuma lei pode resguardar e que, quase que de igual modo, suscitam a questão da possibilidade de qualquer homem ter posse efetiva de uma criação artística. Neste ponto surge o problema da natureza da genuína originalidade. Por exemplo, durante o período da alta Renascença, a descoberta, pelos artistas, da perspectiva geométrica, constituía uma novidade, e um artista lograva provocar grande deleite pela exploração habilidosa desse elemento no mundo à sua volta. Dürer, Da Vinci e seus contemporâneos exemplificam o interêsse que os principais engenhos artísticos da época sentiam por êsse nôvo recurso. Como a arte da perspectiva é uma arte que, uma vez dominada, perde ràpidamente o interêsse, aquilo que, nas mãos de seus criadores, era grande, está hoje ao alcance de todo e qualquer artista sentimental que desenhe calendários comerciais.

Pode bem acontecer que não valha a pena dizer de nôvo o que já fôra dito antes, e o valor informativo de uma

pintura ou de uma obra literária não pode ser julgado sem saber-se o que contém que não esteja facilmente ao dispor do público em obras contemporâneas ou mais antigas. Sòmente a informação independente é que chega a ser aproximadamente aditiva. A informação derivativa do imitador de segunda classe está longe de ser independente do que se passou antes. Dessa forma, a história de amor convencional, a história de detetive convencional, o conto de sucesso, comum e aceitável, das revistas elegantes — obedecem todos à letra, mas não ao espírito, da lei de direitos autorais. Não existe nenhuma forma de lei que impeça de a um filme de sucesso seguir-se uma enxurrada de filmes inferiores, a explorarem a segunda e terceira camadas do interesse do público pela mesma situação emocional. Tampouco há modo de registrar os direitos de uma nova idéia matemática ou de uma nova teoria como a da seleção natural, ou de algo que não seja a reprodução idêntica da mesma idéia com as mesmas palavras.

Repito que a predominância de chavões não é acidental, mas inerente à natureza da informação. Os direitos de propriedade, em matéria de informação, padecem da forçosa desvantagem de o elemento de informação, para que possa contribuir para a informação da comunidade em geral, ter de ser algo de substancialmente diferente do anterior acervo comum de informação da comunidade. Mesmo nos grandes clássicos da literatura e da arte, boa parte do valor informativo óbvio se dissipou pelo simples fato de o público se ter familiarizado com o seu conteúdo. Os colegiais não gostam de Shakespeare porque êle lhes parece não ser mais que um montão de citações familiares. É sòmente quando o estudo de um autor que tal chega a uma camada mais profunda do que aquela absorvida pelos chavões superficiais da época que podemos restabelecer com êle um *rapport* informativo e dar-lhe nôvo e revigorado valor literário.

É interessante notar, dêste ponto de vista, que existem autores e pintores que, mercê de sua ampla exploração das vias estéticas e intelectuais abertas a uma determinada época, têm influência quase destrutiva, por muitos anos, sôbre seus contemporâneos e sucessores. Um pintor como

Picasso, que passa por muitos períodos e fases, termina por dizer tôdas aquelas coisas que sua época tinha na ponta da língua e, finalmente, torna estéril a originalidade de seus contemporâneos e sucessores imediatos.

As limitações intrínsecas da natureza mercantil da comunicação mal são levadas em conta pelo público em geral. O homem da rua acha que Mecenas tinha por função a compra e acumulação de obras de arte, mais que o estímulo aos artistas de seu tempo para que as criassem. De maneira assaz análoga, acredita o homem da rua seja possível armazenar a perícia militar e científica da nação em bibliotecas e laboratórios estáticos, assim como foi possível guardar os armamentos da última guerra em arsenais. Em verdade, êle vai mais adiante e acha que a informação que foi obtida nos laboratórios de sua pátria é, moralmente, propriedade dela, e que o uso dessa informação por outras nacionalidades não somente pode ser consequência de traição, mas intrinsecamente partilha da natureza do roubo. Não pode êle conceber informação sem proprietário.

A idéia de que a informação possa ser armazenada, num mundo em mudança, sem com isso sofrer enorme depreciação, é uma idéia falsa. Será pouco menos falsa que a suposição, mais plausível, de que, após uma guerra, possamos reunir as armas existentes, encher-lhes os canos de óleo, cobrir-lhes a parte externa de uma película protetora, e deixá-las estáticamente de parte, à espera da próxima emergência. Ora, em face das alterações da técnica de guerra, os fuzis se conservam razoavelmente bem, os tanques muito pouco, e os navios de guerra e submarinos absolutamente nada. O fato é que a eficácia de uma arma depende exatamente de quais sejam as outras armas que terão de ser enfrentadas numa determinada época, e da idéia global de guerra àquela altura. Disso resulta — como já ficou provado mais de uma vez — a existência de reservas excessivas de armamentos que, muito possivelmente, irão estereotipar de maneira errônea a política militar, pelo que há vantagem assaz apreciável em abordar uma nova conjuntura com a liberdade de escolher exatamente as armas certas para enfrentá-la.

Em outro nível, o econômico, isso é manifestamente verdadeiro, conforme o demonstra o exemplo britânico. A Inglaterra foi o primeiro país a atravessar uma revolução industrial total; e a essa precocidade deve ela a bitola estreita de suas ferrovias, o vultoso investimento de suas fiações de algodão em equipamento obsoleto, e as limitações do seu sistema social, que fizeram com que as necessidades cumulativas dos dias atuais se convertessem numa conjuntura assoberbante, que só poderá ser enfrentada pelo que equivale a uma revolução social e industrial. Tudo isso ocorre ao mesmo tempo em que os países mais novos, em vias de industrialização, estão aptos a beneficiar-se com o tipo mais recente e econômico de equipamento; a construir um sistema adequado de ferrovias para transportar-lhes os produtos em vagões de tamanho econômico; e, de modo geral, se acham em condições de viver nos dias atuais, não nos de um século atrás.

O que é verdade da Inglaterra também o é da Nova Inglaterra, que descobriu ser, amiúde, muito mais dispendioso modernizar uma indústria do que jogá-la fora e começar de novo alhures. Independentemente das dificuldades de ter uma legislação industrial relativamente rigorosa e uma política trabalhista avançada, uma das principais razões por que a Nova Inglaterra está sendo desertada pelas indústrias têxteis é a de que estas preferem, francamente, não serem estorvadas por um século de tradições. Dessarte, mesmo no campo o mais material, produção e segurança são, ao fim e ao cabo, questão de invenção e desenvolvimento contínuos.

A informação é mais um problema de processo que de armazenagem. O país que desfrutará de maior segurança será aquele cuja situação informacional e científica se mostrar à altura das exigências que lhe possam ser feitas — o país no qual houver plena consciência de que a informação é importante como um estágio do processo contínuo pelo qual observamos o mundo exterior e agimos de modo efetivo sobre êle. Por outras palavras, quantidade alguma de pesquisa científica, cuidadosamente registrada em livros e documentos e depois guardada em nossas bibliotecas com etiquetas de sigilo, bastará para nos proteger, por qual-

quer período de tempo, num mundo em que o nível efetivo de informação está perpétuamente avançado. Não existe Linha Maginot do cérebro.

Repito que estar vivo é participar num fluxo contínuo de influências do mundo exterior e agir no mundo exterior, no qual somos apenas o estágio de transição. Em sentido figurativo, estar vivo ao que acontece no mundo significa participar de um contínuo desenvolvimento do conhecimento e de seu livre intercâmbio. Em qualquer situação normal, é muito mais difícil e bem mais importante para nós assegurar-nos de que possuímos o conhecimento adequado do que que algum possível inimigo *não* o possua. Todo o arranjo de um laboratório militar de pesquisa se faz de acôrdo com uma orientação hostil ao nosso uso e desenvolvimento ótimos de informação.

Durante a última guerra, uma equação integral de um tipo por cuja solução tenho sido em certa medida responsável, surgiu não apenas em meu próprio trabalho, mas em pelo menos dois outros projetos totalmente sem relação entre si. Num dêles, eu me dei conta de que viria mesmo a surgir; no outro, um mínimo de consulta bastaria para me convencer disso. Como êsses três empregos da mesma idéia pertenciam a três projetos militares totalmente diferentes, de níveis de sigilo totalmente diferentes e em locais diversos, não havia meios de a informação de qualquer um dêles poder chegar até os outros. Em consequência, foi mister o equivalente a três descobertas independentes para tornar os resultados acessíveis nos três campos. O atraso daí resultante foi coisa de seis meses a um ano, e provavelmente bastante mais. Do ponto de vista financeiro, que evidentemente é menos importante na guerra, isso equivalia a um bom número de homens-ano em nível muito dispendioso. Teria sido preciso que um inimigo utilizasse de maneira muito valiosa tal trabalho para que ficasse compensada a desvantagem de, por nossa parte, têmos de reproduzir todo o trabalho. Lembre-se que um inimigo que não pudesse participar daquela discussão residual que ocorre assaz ilegalmente, malgrado nossa estrutura de sigilo, não estaria em condições de avaliar e usar nossos resultados.

A questão de tempo é essencial em tôdas as estimativas do valor da informação. Um código ou uma cifra, por exemplo, que proteja qualquer quantidade considerável de material em nível de alto sigilo, não é apenas uma fechadura difícil de forçar, mas que exige outrossim bastante tempo para ser aberta de modo legal. Informação tática que seja útil no combate de pequenas unidades estará quase que certamente obsoleta dentro de uma ou duas horas. É de escassa importância que possa ou não ser forçada em três horas; entretanto, é de grande importância que um oficial que receba a mensagem possa lê-la em algo assim como dois minutos. Por outro lado, os planos de batalha mais vastos são importantes demais para que se possam confiar a tal grau limitado de segurança. Não obstante, se fôsse mister um dia inteiro para o oficial que recebe o plano decifrá-lo, o atraso poderia ser bem mais sério que o fato de parte de suas informações ter transpirado. Os códigos e cifras para tôda uma campanha ou para uma política diplomática poderiam e deveriam ser de penetração mais difícil; todavia, não existe nenhum que não possa ser penetrado num período de tempo definido, e que, ao mesmo tempo, possa conter uma quantidade significativa de informação, em vez de um pequeno grupo de decisões individuais desconexas.

A maneira comum de romper uma cifra é encontrar um exemplo de uso dessa cifra suficientemente extenso para que o padrão de codificação se torne manifesto ao investigador proficiente. Em geral, deve haver pelo menos um grau mínimo de repetição de padrões, sem o que as passagens muito breves, carentes de repetição, não podem ser decifradas. Contudo, quando certo número de passagens são cifradas num tipo de cifra comum a todo o grupo, mesmo que varie a cifra detalhada, poderá haver muito de comum entre as diferentes passagens para levar a um vislumbre, primeiramente do tipo geral de cifra, e, a seguir, das cifras específicas utilizadas.

Provavelmente, boa parte da extrema engenhosidade que tem sido demonstrada no desvendamento de cifras aparece, não nos anais dos vários serviços secretos, mas no trabalho do epigrafista. Sabemos todos como a Pedra de

Roseta foi decifrada através de uma interpretação de certos caracteres da versão egípcia, que se verificou serem os nomes dos Ptolomeus. Há, contudo, outro ato de decifração ainda maior. Esse extremo exemplo singular da arte de decifrar é a decifração dos segredos da própria Natureza, e constitui a província do cientista.

A descoberta científica consiste na interpretação, para nossa própria conveniência, de um sistema de existência que não foi absolutamente criado com vistas à nossa conveniência. O resultado é que a última coisa do mundo adequada para a proteção do sigilo e de refinados sistemas de código é uma lei da Natureza. Além da possibilidade de romper o sigilo por meio de um ataque direto aos veículos humanos ou documentais, há sempre a possibilidade de atacar o código a montante deles. Talvez seja impossível idear qualquer código secundário que seja tão difícil de romper quanto o código natural do núcleo atômico.

No problema da decifração, a informação mais importante de que podemos dispor é o conhecimento de que a mensagem que estamos examinando não é mera algaravia. Um método comum para desconcertar os decifradores de códigos é misturar, à mensagem verdadeira, uma mensagem que não possa ser decifrada; uma mensagem não significativa, mero agrupamento de caracteres. De modo similar, quando consideramos um problema da Natureza, tal como o das reações atômicas e dos explosivos atômicos, o mais importante elemento isolado de informação que podemos tornar público é o de que existem. Uma vez que o cientista se tenha de haver com um problema para o qual sabe existir solução, toda a sua atitude se modifica. Já tem meio caminho andado para tal solução.

Em vista disso, é perfeitamente justo dizer que um segredo acerca da bomba atômica que poderia ter sido mantido e que foi revelado ao público, e a todos os inimigos potenciais, sem a menor inibição, foi o da possibilidade de sua construção. Tome-se um problema dessa importância e assegure-se ao mundo científico que ele tem solução: tanto a capacidade intelectual dos cientistas quanto as facilidades laboratoriais existentes estão distribuídas de forma tão ampla que a realização quase independente

da tarefa será questão de apenas uns poucos anos, algures no mundo.

Existe atualmente neste país uma tocante crença de sermos nós os únicos possuidores de uma certa técnica chamada *know-how*, que nos assegura não somente prioridade em todos os progressos científicos e técnicos e em tôdas as principais invenções, como também, conforme dissemos, o direito moral a essa prioridade. Evidentemente, tal *know-how* nada tem a ver com as origens nacionais daqueles que trabalharam em problemas como o da bomba atômica. Teria sido impossível, ao longo de quase tôda a História, aliciar os serviços conjuntos de cientistas como o dinamarquês Bohr, o italiano Fermi, o húngaro Szilard, e muito outros que participaram do projeto. O que o tornou possível foi a extrema consciência da conjuntura e o sentimento de afronta universal suscitado pela ameaça nazista. Algo mais que propaganda bombástica será necessário para manter um grupo assim coeso durante o longo período de rearmamento a que parecemos amiúde ter sido votados pela política do Departamento de Estado.

Possuímos, sem dúvida alguma, a técnica mais altamente desenvolvida do mundo no que respeita a combinar os esforços de grande número de cientistas com grandes quantidades de dinheiro para a realização de um único projeto. Isso não nos deve levar a qualquer descabida ufanía no tocante à nossa posição científica, pois é igualmente óbvio que estamos educando uma geração de jovens que não sabem pensar em nenhum projeto científico de outro modo que não seja em termos de grande número de homens e grandes quantidades de dinheiro. A habilidade mercê da qual os franceses e inglêses realizam grandes somas de trabalho com aparelhamento que um professor secundário norte-americano desdenharia como meras engenhocas improvisadas, só é encontrada numa pequena minoria, que tende a desaparecer, de nossos jovens. A voga atual do grande laboratório é coisa nova em Ciência. Há aqueles de nós que almejam que êle nunca dure o bastante para ser uma coisa velha, pois quando as idéias científicas desta geração se esgotarem ou, pelo menos, pagarem dividendos

cada vez menores pelo seus investimentos intelectuais, não antevejo que a próxima geração seja capaz de propiciar as idéias colossais em que projetos colossais naturalmente assentam.

Um claro entendimento da noção de informação aplicada ao trabalho científico mostrará que a simples coexistência de dois elementos de informação é de valor real relativamente pequeno, a menos que êsses dois elementos se possam efetivamente combinar em alguma mente ou órgão capaz de fecundar um por meio do outro. Isto é exatamente o oposto da organização na qual cada membro percorre um caminho predeterminado e em que as sentinelas da Ciência, quando chegam ao fim de suas rondas, apresentam armas, fazem meia volta, e marcham na direção de onde vieram. Há um alto valor de fecundação e revivificação no contacto mútuo de dois cientistas; tal, porém, só pode ocorrer quando pelo menos um dos seres humanos que representam a Ciência penetrou o bastante além fronteiras para ter podido absorver as idéias de seu vizinho num plano de pensamento efetivo. O veículo natural para êsse tipo de organização é o plano em que a órbita de cada cientista é determinada mais pelo campo de seus interesses do que como uma ronda predeterminada.

Tal livre organização humana existe de fato, inclusive nos Estados Unidos; representa todavia, atualmente, o resultado dos esforços de alguns homens desinteressados e não a estrutura planejada para a qual estamos sendo compelidos por aquêles que imaginam saber o que é bom para nós. Contudo, não bastará, para as massas de nossa população científica, verberar seus superiores, nomeados por outrem ou por si próprios, pela sua futilidade e pelos perigos dos dias atuais. É o grande público que está exigindo, da Ciência moderna, o mais extremado sigilo com respeito a tudo quanto possa ter uso militar. Essa exigência de sigilo só pode ser o desejo de uma civilização enferma de não conhecer o progresso de sua própria enfermidade. Enquanto pudermos continuar a fingir que está tudo bem com o mundo, taparemos os ouvidos ao som das "Vozes ancestrais que profetizam guerra".

Nessa nova atitude das massas em geral com relação à pesquisa, há uma revolução científica que ultrapassa a compreensão do público. Em verdade, os donos da Ciência atual não antevêm tôdas as conseqüências do que está ocorrendo. No passado, a orientação da pesquisa era em grande parte deixada ao critério do cientista individual e às tendências da época. Atualmente, existe um empenho tão manifesto de dirigir a pesquisa, no tocante a assuntos de segurança pública, que, tanto quanto possível, tôdas as vias significativas serão abertas com o objetivo de assegurar uma estacada impenetrável de proteção científica. Hoje, a Ciência é impessoal, e o resultado do ulterior avanço das fronteiras da Ciência não será apenas o de mostrar-nos quantas armas poderemos utilizar contra possíveis inimigos, mas também os muitos perigos dessas armas. Estes podem ser devidos ao fato de serem elas precisamente armas utilizáveis de modo mais efetivo contra nós próprios do que contra qualquer inimigo nosso, ou perigos como o do envenenamento radioativo, que são inerentes ao próprio uso de uma arma do tipo da bomba atômica. A aceleração do ritmo de desenvolvimento da Ciência, em conseqüência de nossa procura ativa e simultânea de todos os meios de atacar nossos inimigos e de nos proteger, conduz a uma demanda sempre crescente de novas pesquisas. Por exemplo, o esforço concentrado de Oak Ridge e Los Alamos em tempo de guerra fez com que a questão de proteção do povo dos Estados Unidos, não apenas de possíveis inimigos que utilizem uma bomba atômica, mas também da radiação atômica de nossa nova indústria, se tornasse algo que nos afeta a todos, *agora*. Não tivesse a guerra ocorrido e tais *perigos* provavelmente não nos teriam preocupado por vinte anos. Em nossa atual disposição militarista de espírito, isso nos impôs o problema de possíveis contramedidas a uma nova utilização de tais recursos por parte de um inimigo. Esse inimigo pode ser a Rússia, no momento atual, mas é, ainda mais, nosso próprio reflexo em uma miragem. Para nos defender dêsse fantasma, devemos contar com novas medidas científicas, cada qual mais terrível que a anterior. Não tem fim essa vasta espiral apocalíptica.

Já descrevemos o litígio judicial como um verdadeiro jôgo no qual os antagonistas podem e são forçados a recorrer a todos os recursos de burla; dêsse modo, cada qual desenvolve uma política que pode ter de levar em conta a possibilidade de o antagonista jogar o melhor jôgo possível. O que é verdadeiro em relação à limitada guerra dos tribunais também o é em relação à guerra que vá até a extinção das relações internacionais, quer ela assuma a forma sangrenta de fuzilaria quer a forma mais suave de diplomacia.

Tôda a técnica do sigilo, da obstrução de mensagens e da burla tem a preocupação de assegurar que um dos lados possa fazer uso das fôrças e recursos de comunicação de modo mais eficaz que o outro lado. Nesse uso combativo da informação, é tão importante manter nossos próprios canais de mensagem desimpedidos como obstruir o lado contrário no uso dos canais de que disponha. Uma política global em matéria de sigilo deve quase sempre envolver a consideração de muitas mais coisas além do próprio sigilo.

Estamos na situação do homem que tem apenas duas ambições na vida. Uma, inventar o solvente universal capaz de dissolver qualquer substância sólida; outra, inventar o recipiente universal capaz de conter qualquer líquido. Faça o que fizer, êste inventor ficará frustrado. Ademais, conforme eu já disse, segrêdo algum estará tão a salvo, quando sua proteção fôr uma questão de integridade humana, como quando se encontrava na dependência das dificuldades da própria descoberta científica.

Já disse que a divulgação de um segrêdo científico, qualquer que êle seja, é apenas uma questão de tempo; que, neste jôgo, uma década é muito tempo; e que, ao fim e ao cabo, não há diferença entre nos armarmos e armarmos nossos inimigos. Dessarte, cada descoberta aterradora simplesmente aumenta nossa sujeição à necessidade de fazer nova descoberta. A menos que desponte uma nova consciência em nossos líderes, tal situação estará fadada a continuar indefinidamente, até que todo o potencial intelectual do país se esgote antes que seja possí-

vel qualquer aplicação construtiva às múltiplas necessidades do povo, velhas ou novas. O efeito dessas armas deverá ser o aumento da entropia dêste planêta, até que tôdas as distinções de quente e frio, bom e mau, homem e matéria, se tenham desvanecido na formação da branca fornalha incandescente de uma nova estrêla.

Como outros tantos porcos gadarenos, abrigamos em nós os demônios da época, e a compulsão da guerra científica nos está conduzindo tumultuariamente, de pernas para o ar, para o oceano de nossa própria destruição. Ou talvez possamos dizer que, entre os cavalheiros que tomaram a si a tarefa de ser nossos mentores, e que administram o nôvo programa científico, muitos não passam de aprendizes de feiticeiro, fascinados com o encantamento que desencadeia uma bruxaria que êles são totalmente incapazes de fazer parar. Mesmo a nova psicologia de propaganda e técnica de vendas se torna, nas mãos dêles, um meio de obliterar os escrúpulos de consciência dos cientistas ativos e de destruir as inibições que possam ter contra vogar nesse maelstrom.

Lembrem os magos que invocaram uma sanção demoníaca para servir-lhes aos propósitos pessoais que, no curso natural dos acontecimentos, uma consciência que tenha sido comprada uma vez novamente se venderá. A lealdade para com a Humanidade, que pode ser corrompida por uma distribuição habilidosa de bombons administrativos, será substituída por uma lealdade para com os superiores oficiais que durará enquanto tivermos bombons maiores para distribuir. Pode bem vir o dia em que ela constitua a maior das ameaças potenciais à nossa própria segurança. Nesse momento, em que alguma outra potência, fascista ou comunista, estiver em condições de oferecer maiores recompensas, nossos bons amigos, que acorreram em nossa defesa por razões de lucro, cuidarão, com igual rapidez, de nossa sujeição e aniquilação. Possam aquêles que invocaram das profundezas os espíritos da guerra atômica lembrar-se de que, para seu próprio bem, quando não para o nosso, não devem esperar mais que os primeiros lampejos de êxito da parte de nossos antagonistas para liquidar todos quantos já corromperam!

VIII

O PAPEL DO INTELECTUAL E DO CIENTISTA

Este livro sustenta que a integridade dos canais de comunicação interna é essencial para o bem-estar da sociedade. Tal comunicação interna está sujeita, nos tempos atuais, não apenas às ameaças com que se tem defrontado em todos os tempos, mas a certos problemas novos e particularmente graves que são peculiares à nossa época. Um deles é a crescente complexidade e custo da comunicação.

Há cento e cinquenta, ou mesmo há cinquenta anos atrás — não importa —, o mundo, e os Estados Unidos em particular, estavam cheios de pequenos jornais e periódicos através dos quais quase qualquer homem poderia alcançar ser ouvido. O redator dos jornais interioranos não estava, como hoje, limitado ao *boiler plate** e às tagarelices locais, mas podia expressar, e amiúde expressava, sua opinião pessoal não apenas acêrca dos assuntos locais como dos problemas mundiais. Atualmente, essa liberdade de expressar-se se tornou tão dispendiosa, com o custo crescente de periódicos, jornais e serviços de agências jornalísticas, que a atividade da imprensa se tornou a arte de dizer cada vez menos a um número cada vez maior de pessoas.

O cinema pode ser muito barato no que respeita ao custo de exibição por espectador, mas é tão terrivelmente

* Material informativo fornecido aos semanários, sob forma de matriz ou estereótipo, por agências jornalísticas. (N. do T.)

caro na sua produção global que poucos espetáculos valem o risco, a menos que se tenha certeza antecipada de seu êxito. Não é a questão de saber se um determinado espetáculo conseguirá despertar grande interesse num número considerável de espectadores a que preocupa o produtor comercial, e sim a de saber se será inaceitável para um número tão reduzido de pessoas que êle possa estar certo de que irá vendê-lo indiscriminadamente a todos os exibidores, de uma costa a outra do país.

O que afirmei acêrca do jornal e do cinema se aplica igualmente ao rádio, à televisão e mesmo à venda de livros. Vivemos, pois, numa época em que ao enorme volume *per capita* de comunicação corresponde um fluxo cada vez menor de volume total de comunicação. Mais e mais, vemos-nos obrigados a aceitar um produto padronizado, inofensivo e insignificante, que, como o pão branco das padarias, é fabricado antes devido às suas propriedades de conservação e venda que ao seu valor alimentício.

Esta é, fundamentalmente, uma desvantagem externa da comunicação moderna, mas que encontra correspondência em outra que a corrói por dentro, e que constitui o câncer da estreiteza e debilidade criadoras.

Nos dias de outrora, um jovem que desejasse dedicar-se às artes criativas poderia a elas se consagrar diretamente ou preparar-se para elas através de uma educação geral, alheia talvez às tarefas específicas que êle iria finalmente desempenhar, mas que era, pelo menos, uma disciplina de sondagem de suas capacidades e gôsto. Hoje, os canais da aprendizagem estão grandemente obstruídos. Nossas escolas primárias e secundárias se interessam mais pela disciplina formal da sala de aulas do que pela disciplina intelectual de aprender algo cabalmente, e boa parte da preparação séria para um curso científico ou literário é relegada para uma ou outra espécie de escola preparatória.

Hollywood, entrementes, descobriu que a própria padronização de seu produto tem obstado o afluxo natural de talentos dramáticos vindos do verdadeiro palco. Os teatros de repertório já haviam praticamente deixado de existir quando alguns dêles foram reabertos como locais

de criação de talentos para Hollywood, e mesmo êstes estão morrendo à míngua. Na maior parte dos casos, nossos aspirantes a ator têm aprendido sua profissão não no palco, mas nos cursos universitários de arte dramática. Nossos escritores não podem ir muito longe, enquanto jovens a competir contra material de sindicatos jornalísticos; se não alcançam êxito à primeira tentativa, não têm outro lugar para ir que não sejam os cursos universitários aos quais supostamente cabe ensinar-lhes como escrever. Dêsse modo, os graus superiores, e sobretudo o de Doutor em Filosofia, que têm tido longa existência como preparação legítima do especialista científico, vão cada vez mais servindo de modelo para a educação intelectual em todos os campos.

A rigor, o artista, o escritor e o cientista deveriam estar possuídos de um impulso criativo tão irresistível que, mesmo que não se lhes pagasse para executarem seu trabalho, de bom grado pagariam êles para ter a oportunidade de levá-lo a cabo. Contudo, vivemos um período em que as formas suplantaram, em grande parte, o conteúdo educacional, e que se está orientando para uma pobreza sempre crescente de conteúdo educacional. Talvez se considere hoje que obter um grau superior e seguir o que se pode reputar uma carreira cultural seja mais uma questão de prestígio social que de impulso profundo.

Em vista dessa grande quantidade de aprendizes semi-experientes que estão sendo postos no mercado, o problema de dar-lhes algum material plausível para trabalharem assumiu importância capital. Teòricamente, cumpriria a êles encontrar seu próprio material, mas a grande emprêsa comercial que é a moderna educação avançada não pode funcionar com essa pressão relativamente baixa. Dessarte, os primeiros estágios do trabalho criador, nas Artes como na Ciência, que deveriam, a bem dizer, ser governados por um intenso desejo, da parte dos estudantes, de criar algo e comunicá-lo ao mundo em geral, estão hoje sujeitos, em vez disso, às exigências formais de descobrir teses de doutoramento ou outros meios similares de aprendizagem.

Alguns dos meus amigos chegaram mesmo a afirmar que uma tese de doutoramento deveria ser o maior traba-

lho científico que um homem já fêz ou jamais faria talvez, e que deveria esperar até que êle estivesse plenamente capacitado a expor o trabalho de sua vida. Não partilho essa opinião. Digo, apenas, que se a tese não é, de fato, uma tarefa tão capital, deve pelo menos ser, em intenção, o portão de acesso para um vigoroso trabalho criativo. Só Deus sabe quantos problemas não existem a serem resolvidos, quantos livros a serem escritos, quanta música a ser composta! No entanto, com pouquíssimas exceções, para se chegar a tanto, é mister realizar tarefas maquinais que, em nove entre dez casos, não se tem nenhuma razão imperiosa para realizar. Que o Céu nos livre dos primeiros romances que são escritos porque um jovem aspira ao prestígio de ser romancista e não porque tenha algo a dizer! Que o Céu nos livre, igualmente, dos ensaios matemáticos que sejam corretos e elegantes, mas destituídos de corpo ou espírito. Que o Céu nos livre, sobretudo, do esnobismo que não somente admite a possibilidade dêsse trabalho apoucado e maquinal, mas deblatera, com espírito de arrogância depreciadora, contra a competição de vigor e idéias, onde quer que se possam encontrar!

Por outras palavras, quando há comunicação sem necessidade de comunicação, apenas para que alguém possa auferir o prestígio social e intelectual de tornar-se um sacerdote da comunicação, a qualidade e o valor comunicativo da mensagem caem como um pião de prumo. É como se uma máquina devesse ser construída do ponto de vista de Rube Goldberg apenas para mostrar que recônditos fins poderiam ser atingidos por um aparelho assaz inadequado, aparentemente, para atingi-los, e não para realizar algum outro trabalho. Nas artes, o desejo de encontrar coisas novas para dizer e novas maneiras de dizê-las é a fonte de tôda vitalidade e interêsse. Não obstante, a cada dia deparamos com espécimes de pintura nos quais, por exemplo, o artista se impôs os novos cânones do abstrato, mas sem demonstrar qualquer intenção de utilizá-los com o fito de apresentar uma nova e interessante forma de beleza, de levar avante a árdua luta contra a tendência dominante para o vulgar e o banal. Nem todos os artistas pedantes

são acadêmicos. Há *avantgardistes* pedantes. Escola alguma tem o monopólio da beleza. A beleza, como a ordem, ocorre em muitos lugares dêste mundo, mas apenas como uma luta temporária e local contra o Niágara de crescente entropia.

Falo aqui com um sentimento que é mais intenso no que respeita ao artista científico que ao artista convencional, porque foi em Ciência que resolvi primeiramente dizer algo. O que por vêzes me encoleriza e sempre me desaponta e aflige é a preferência das grandes escolas de cultura pelo derivado, enquanto oposto ao original, pelo convencional e apoucado que possa ser duplicado em muitas cópias, em vez do nôvo e do vigoroso, e pela árida correção e limitação de amplitude e método, em lugar da novidade e beleza universais, onde possam ser encontradas. Protesto, além disso, não apenas, como já protestei, contra a supressão da originalidade intelectual devido às dificuldades dos meios de comunicação no mundo moderno, mas, sobretudo, contra o machado cravado na raiz da originalidade porque as pessoas que escolheram a comunicação como carreira não têm, amiúde, nada mais a comunicar.

IX

A PRIMEIRA E A SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Os capítulos precedentes dèstes livro cuidaram, bàsicamente, do estudo do homem como um organismo comunicativo. Todavia, como já vimos, a máquina também pode ser um organismo comunicativo. No presente capítulo, discutirei êsse campo em que o caráter comunicativo do homem e o da máquina incidem um sôbre o outro, e tentarei determinar qual será a direção do desenvolvimento da máquina, e que se pode esperar de seu impacto sôbre a sociedade humana.

Uma outra vez, na História, a máquina incidiu sôbre a cultura humana com um efeito do maior ímpeto. Êsse impacto anterior é conhecido por Revolução Industrial e envolvia a máquina tão-sômente como uma alternativa para o músculo humano. A fim de estudar a crise atual, que denominaremos de a Segunda Revolução Industrial, talvez seja conveniente discutir a história da crise anterior como algo parecido a um modêlo.

A primeira revolução industrial tinha suas raízes no fermento intelectual do século XVIII, que encontrou as técnicas científicas de Newton e Huygens já bem desenvolvidas, mas com aplicações que mal haviam transcendido a Astronomia. Tornara-se manifesto, entretanto, para todos os cientistas inteligentes, que as novas técnicas iriam ter profundo efeito sôbre as outras ciências. Os primeiros

campos a revelarem o impacto da era newtoniana foram os da navegação e da relojoaria.

A navegação é uma arte que remonta aos tempos antigos, mas que apresentou uma evidente debilidade até por volta de 1730. O problema de determinar a latitude fôra de fácil solução, desde o tempo dos gregos. Era simplesmente uma questão de determinar a altura angular do pólo celestial. Isso pode ser feito de maneira aproximada tomando-se a estrêla polar como o verdadeiro pólo do firmamento, ou, de maneira muito precisa, por ultteriores refinamentos que localizam o centro do curso aparentemente circular da estrêla polar. Por outro lado, o problema de longitudes foi sempre mais difficil. A menos que se faça um levantamento geodésico, só pode ser resolvido pela comparação do tempo local com algum tempo padrão, tal como o de Greenwich. Para isso, devemos ou levar conosco o tempo de Greenwich num cronômetro, ou encontrar algum outro relógio celeste, que não o Sol, para fazer as vêzes do cronômetro.

Antes de qualquer dêsses dois métodos estar ao alcance do navegador prático, êste encontrava um série de obstáculos na sua arte de navegação. Costumava velejar ao longo da costa até encontrar a latitude que desejava. Então se desviava para uma rota leste ou oeste, ao longo de um paralelo de latitude, até avistar terra. A não ser por uma estima aproximada, não sabia dizer o quanto avançara na rota; isso, no entanto, era uma questão da maior importância para êle, que poderia ir dar inopinadamente numa costa perigosa. Tendo avistado terra, navegava ao longo da costa até chegar a seu destino. Vê-se que, nessas circunstâncias, tôda viagem tinha muito de aventureosa. Não obstante, foi êsse o padrão das viagens durante muitos séculos. Padrão que pode ser reconhecido na rota seguida por Colombo, na da Armada da Prata, e na dos galeões de Acapulco.

Esse procedimento moroso e arriscado não era satisfatório para os almirantados do século XVIII. Em primeiro lugar, os interêsses ultramarinos da Inglaterra e da França, diferentemente dos da Espanha, estavam situados em

altas latitudes, nas quais a vantagem de uma rota direta ortodrômica sobre um curso leste-oeste se tornava sobremaneira evidente. Em segundo lugar, havia uma acirrada competição entre as duas potências setentrionais pela hegemonia dos mares, e a vantagem de possuir uma melhor navegação era muito importante. Não é de surpreender que ambos os governos oferecessem uma avultada recompensa por uma técnica acurada de encontrar longitudes.

A história dessas competições a prêmio é complicada e não muito edificante. Mais de um homem capaz se viu despojado de seu merecido triunfo e ficou arruinado. No fim, os prêmios foram conferidos em ambos os países a duas realizações muito diferentes. Uma era o plano de um acurado cronômetro naval — isto é, de um relógio suficientemente bem construído e compensado para manter o tempo, com diferença de uns poucos segundos, numa viagem em que estava sujeito ao contínuo e violento movimento do navio. A outra era a elaboração de boas tabelas matemáticas do movimento da Lua, que capacitasse o navegador a utilizar esse corpo celeste como relógio para aferir o movimento aparente do Sol. Esses dois métodos dominaram toda a navegação até o recente desenvolvimento das técnicas de rádio e radar.

Dessarte, a guarda avançada dos artifices da revolução industrial consistia, de uma parte, de fabricantes de relógios que usavam a nova matemática de Newton na construção de seus pêndulos e balanceiros, e de outra, de fabricantes de instrumentos óticos, com seus sextantes e telescópios. As duas atividades tinham muito em comum. Ambas exigiam a construção de círculos e retas acurados e sua gradação em graus ou polegadas. Suas ferramentas eram o tórno e a máquina de dividir. Essas máquinas-ferramentas para trabalho delicado são as antepassadas da nossa atual indústria de máquinas-ferramentas.

É interessante refletir em que toda ferramenta tem uma genealogia e que descende das ferramentas com que ela própria foi construída. O tórno do fabricante de relógios do século XVIII conduziu, através de uma nítida cadeia histórica de ferramentas intermediárias, aos grandes tornos-

-revólveres dos dias atuais. A série de escalões intermediários poderia, concebivelmente, ter sido algo reduzida, mas possui necessariamente um certo comprimento mínimo. É evidentemente impossível, ao construir um grande tórno-revólver, depender da mão humana, desajudada, para a vazão do metal, para a colocação das peças fundidas do instrumento que irá usiná-las, e, sobretudo, para a obtenção da força motriz necessária à tarefa de usiná-las. Tais operações têm de ser feitas por máquinas que foram, por sua vez, manufaturadas por outras máquinas, e é somente através de muitos estágios dêsse tipo que se remonta aos tornos, movimentados a mão ou a pé, do século XVIII.

É, pois, inteiramente natural que aquêles que iriam desenvolver novas invenções fôsem fabricantes de relógios ou de instrumentos científicos ou recorressem a gente dêses officios para ajudá-los. Por exemplo, Watt era fabricante de instrumentos científicos. Para entender como mesmo um homem como Watt tinha de dar tempo ao tempo até que pudesse estender a precisão das técnicas de relojoaria a cometimentos de maior envergadura, devemos lembrar, conforme já disse antes, que seu padrão do ajuste de um pistão num cilindro era o de que mal deveria ser possível inserir e movimentar uma delgada moeda de meio xelim entre ambos.

Devemos considerar, dessarte, a navegação e os instrumentos que lhe são necessários como o local de uma revolução industrial que antecedeu a revolução industrial geral. Esta começa com a máquina a vapor. A primeira forma de máquina a vapor foi a tósca e esbanjadora máquina de Newcomen, que era usada para bombear minas. Em meados do século XVIII, houve tentativas malogradas de utilizá-la para produção de fôrça motriz, fazendo-se com que bombeasse água para reservatórios elevados e empregando-se a queda dessa água para movimentar rodas d'água. Tais dispositivos canhestros se tornaram obsoletos com a introdução das máquinas aperfeiçoadas de Watt, que foram usadas, logo nos primórdios de sua história, para fins industriais, bem como para bombeamento de minas. O fim do século XVIII viu a máquina a vapor totalmente

estabelecida na indústria, e a promessa de barcos a vapor nos rios e de tração a vapor em terra não era muito remota.

O primeiro lugar em que a energia motriz do vapor encontrou uso prático foi na substituição de uma das formas mais brutais de trabalho humano ou animal: o bombeamento de água das minas. No melhor dos casos, isso era feito por animais de tiro, por máquinas tôscas movimentadas por cavalos. No pior, como nas minas de prata da Nova Espanha, utilizava-se o trabalho de escravos humanos. É um trabalho que nunca termina e que não pode ser jamais interrompido sem a possibilidade de obstruir a mina para sempre. O uso da máquina a vapor para substituir essa servidão deve certamente ser encarado como um grande passo humanitário.

Todavia, escravos não bombeiam minas apenas: também arrastam barcaças rio acima. Um segundo grande triunfo da máquina a vapor foi a invenção do barco a vapor, e, em particular, do barco a vapor fluvial. A máquina a vapor no mar foi, durante muitos anos, apenas um suplemento de discutível valor para as velas de que estavam equipados todos os barcos a vapor que se faziam ao mar; foi, entretanto, o transporte a vapor pelo Mississipi que franqueou o interior dos Estados Unidos. Como o barco a vapor, a locomotiva a vapor começou onde hoje se extingue, como meio de transporte de cargas pesadas.

O lugar seguinte em que a revolução industrial se fêz sentir, talvez um pouco mais tarde que no campo do trabalho pesado dos trabalhadores de minas, e simultaneamente com a revolução no transporte, foi na indústria têxtil. Esta já era uma indústria enfêrma. Mesmo antes do fuso mecânico e dos teares mecânicos, a situação dos fiandeiros e tecelões deixava muito a desejar. O volume de produção que podiam realizar era inferior às necessidades da época. Diante disso, mal poderia parecer possível que a transição para a máquina pudesse ter-lhes piorado a situação; mas certamente piorou.

Os primórdios do desenvolvimento da maquinaria têxtil remontam à máquina a vapor. O bastidor da malharia

existe, numa forma para trabalho manual, desde os tempos da Rainha Isabel. A fiação mecânica se tornou a princípio necessária a fim de fornecer fio para os teares manuais. A mecanização completa da indústria têxtil, abrangendo tanto a tecelagem quanto a fiação, só se verificou nos primórdios no século XIX. As primeiras máquinas têxteis eram para operação manual, embora a utilização da força de tração animal e da força hidráulica viesse logo a seguir. Parte do ímpeto que havia no desenvolvimento da máquina de Watt, em contraste com a de Newcomen, era o desejo de fornecer força motriz sob a forma rotatória exigida para finalidades têxteis.

As fábricas têxteis forneceram o modelo para quase todo o curso de mecanização da indústria. No plano social, iniciaram a transferência dos obreiros do lar para a fábrica e do campo para a cidade. Houve uma exploração do trabalho de crianças e mulheres que alcançou um grau de amplitude e de brutalidade quase inconcebível nos dias atuais — isto é, se esquecermos as minas de diamante da África do Sul e ignorarmos a nova industrialização da Índia e da China e as condições gerais do trabalho agrícola em quase todos os países. Em boa parte, isso foi devido ao fato de que as novas técnicas haviam produzido novas responsabilidades, a um tempo em que código algum tinha ainda surgido para cuidar dessas responsabilidades. Houve, contudo, uma fase que teve maior importância técnica que moral. Com isso, quero dizer que muitas das desastrosas conseqüências e fases da primeira parte da revolução industrial se deviam não tanto a qualquer iniquidade ou embotamento moral dos nela envolvidos quanto a certas características técnicas inerentes aos primeiros meios de industrialização e que a história ulterior do desenvolvimento técnico deixou mais ou menos na sombra. Esses determinantes técnicos da direção que a revolução industrial tomou nos seus primórdios residem na própria natureza da força motriz do vapor e de sua transmissão. A máquina a vapor utilizava combustível de modo muito pouco econômico, de acôrdo com os padrões modernos, embora isto não seja tão importante quanto possa parecer, considerando-se o fato de que as primeiras máquinas não tinham de

competir com máquinas de tipo mais moderno. Contudo, no que respeitava a elas próprias, era muito mais econômico fazê-las funcionar em grande escala que em pequena. Em contraste com a máquina motriz, a máquina têxtil, quer se trate de fuso ou tear, é comparativamente leve e utiliza pouca força motriz. Era, por isso, economicamente necessário congregiar essas máquinas em grandes fábricas, onde muitos fusos e teares podiam ser acionados por uma só máquina a vapor.

Naquele tempo, os únicos meios de transmissão de força motriz de que se dispunham eram os meios mecânicos. O primeiro destes era a linha de eixos, suplementada pela correia e pela polia. Ainda na altura de minha infância, o quadro típico de uma fábrica era o de um grande galpão com longas linhas de eixos suspensos dos barrotes, e polias ligadas por correias às máquinas individuais. Essa espécie de fábrica ainda existe, conquanto, na maioria dos casos, tenha sido substituída pelo moderno arranjo em que as máquinas são acionadas individualmente por motores elétricos.

Na verdade, este segundo quadro é o típico dos tempos atuais. A arte do maquinista de moinho assumiu uma forma totalmente nova. Eis um fato importante para toda a história das invenções. Exatamente esses maquinistas de moinhos e outros novos artífices da idade da máquina é que iriam desenvolver as invenções que estão na base de nosso sistema de patentes. Ora, a conexão mecânica de máquinas envolve dificuldades muito sérias, que não são fáceis de abranger em qualquer formulação matemática simples. Em primeiro lugar, longas linhas de eixos têm ou de ser bem alinhadas ou de utilizar modos de conexão engenhosos, tal como as juntas universais ou os acoplamentos paralelos, que permitem certa dose de liberdade. Em segundo lugar, as longas linhas de mancais exigidas por tais eixos têm um consumo de força muito alto. Na máquina individual, as partes rotativas e alternativas estão sujeitas a exigências similares de rigor, e a exigências similares de que o número de mancais seja reduzido tanto quanto possível para redução do consumo de força e fa-

cidade de manufatura. Tais prescrições não são facilmente satisfeitas com base em fórmulas gerais e oferecem excelente oportunidade para a engenhosidade e habilidade inventiva do antigo tipo artesanal.

Foi em vista desse fato que a mudança de sistema de engenharia, de conexões mecânicas para elétricas, teve tão grande efeito. O motor elétrico é um modo de distribuir energia motriz muito conveniente para ser construído em tamanhos reduzidos, de forma que cada máquina tenha seu próprio motor. As perdas de transmissão, na instalação elétrica de uma fábrica, são relativamente baixas, e a eficiência do próprio motor é relativamente alta. A conexão do motor com seus fios não é necessariamente rígida nem consiste de muitas partes. Existem ainda razões de tráfego e conveniência que podem induzir-nos a manter o costume de instalar as diferentes máquinas de um processo industrial numa mesma fábrica; todavia, a necessidade de conjugar tôdas as máquinas a uma só fonte de força motriz não mais constitui razão ponderável para a proximidade geográfica. Por outras palavras, estamos agora em condições de voltar à indústria caseira, em lugares onde seja, a outros respeito, conveniente.

Não quero insistir em que as dificuldades da transmissão mecânica fôsem a única causa das fábricas de galpão e da desmoralização que ocasionaram. Em verdade, o sistema fabril começou antes do sistema mecânico, como meio de introduzir disciplina na indústria caseira, altamente indisciplinada, dos obreiros individuais, e de manter padrões de produção. É verdade, porém, que essas fábricas não-mecânicas foram logo suplantadas por fábricas mecânicas, e que provavelmente os piores efeitos sociais da aglomeração urbana e do despovoamento rural se verificaram nas fábricas mecânicas. Ademais, se o motor de cavalo-força fracionário houvesse estado disponível desde o começo e tivesse podido aumentar a unidade de produção de um trabalhador caseiro, é muitíssimo provável que grande parte da organização e disciplina indispensáveis a uma produção satisfatória em larga escala pudessem ter sido aplicadas a certas indústrias caseiras, como as de fiação e tecelagem.

Se assim se desejar, uma mesma unidade de maquinaria pode hoje conter diversos motores, cada qual fornecendo força motriz no local adequado. Isso livra o projetista, em grande parte, da necessidade de utilizar, nos projetos mecânicos, uma inventiva que de outra maneira se veria forçado a usar. Nos projetos elétricos, o problema de conexão das partes raras vêzes envolve dificuldades que não possam ser resolvidas por simples formulação matemática. O inventor de articulações foi substituído pelo calculador de circuitos. Este é um exemplo da maneira por que a arte da invenção é condicionada pelos meios existentes.

No terceiro quartel do século passado, quando o motor elétrico foi pela primeira vez utilizado na indústria, supôs-se, a princípio, que não fôsse mais que um recurso alternativo para pôr em execução as técnicas industriais existentes. Não se previa, provavelmente, que seu efeito final fôsse o de dar origem a um novo conceito de fábrica.

Essa outra grande invenção elétrica, a válvula eletrônica, teve uma história similar. Antes da sua invenção, eram indispensáveis muitos mecanismos separados para regular sistemas de grande potência. Na verdade, a maior parte dos próprios meios de regulação utilizava considerável força motriz. Havia exceções, mas somente em campos específicos, tal como o govêrno de navios.

Ainda em 1915 eu cruzava o oceano num dos velhos navios da American Line. Pertencia êle ao período de transição em que os navios ainda traziam velas, bem como proa afilada para levar um gurupês. Num poço, não muito à ré da superestrutura principal, havia um mecanismo formidável, que consistia de quatro ou cinco rodas de leme, de seis pés, com malaguetas para as mãos. Essas rodas de leme deveriam dirigir o navio, na eventualidade de seu mecanismo de govêrno automático se danificar. Numa tempestade, teriam sido precisos dez ou mais homens, empregando tôda a sua força, para manter o grande barco no seu curso.

Esse não era o método usual de comando do navio, mas um sobressalente de emergência, ou como o denominam os marinheiros, um "leme de comando provisório". Para o

comando normal, o navio dispunha de um mecanismo de govêrno que traduzia as fôrças relativamente pequenas do contramestre à roda do leme no movimento do pesado leme. Mesmo numa base puramente mecânica, portanto, algum progresso se fêz no tocante à solução do problema de amplificação de fôrças ou esfôrço de torsão. *Todavia*, àquele tempo, a solução do problema de amplificação não alcançava diferenças extremas entre os níveis de entrada e saída, nem estava corporificada num tipo universal e conveniente de dispositivo.

O mais flexível aparelho universal para amplificar baixos níveis de energia, convertendo-os em altos níveis, é o tubo de vácuo ou válvula eletrônica. Sua história é interessante, embora complexa demais para ser discutida aqui. É, contudo, divertido refletir em que a invenção da válvula eletrônica se originou da maior das descobertas de Édison e talvez a única que êle não aproveitou numa invenção.

Observou Édison que quando um elétrodo era colocado dentro de uma lâmpada elétrica e tornado elêtricamente positivo com respeito ao filamento, uma corrente fluiria se o filamento fôsse aquecido, mas não de outra maneira. Graças a uma série de invenções levadas a cabo por outras pessoas, isso conduziu a um modo mais efetivo do que qualquer outro conhecido antes de controlar uma corrente alta por meio de pequena voltagem. Essa é a base da moderna indústria de rádio, mas constitui-se também numa ferramenta industrial que se está expandindo a novos campos. Não é mais necessário, pois, controlar um processo em altos níveis energéticos com um mecanismo em que os detalhes importantes de contrôle se realizem nesses níveis. É perfeitamente possível constituir um certo padrão de resposta de comportamento em níveis muito mais baixos, inclusive, do que aquêles encontrados nos aparelhos comuns de rádio, e, a seguir, empregar uma série de válvulas amplificadoras para controlar, por via dêsse aparelho, uma máquina tão pesada quanto um laminador de aço. O trabalho de discriminar e constituir o padrão de comportamento é realizado em condições nas quais as perdas de energia são insignificantes e, no entanto, a utilização final do processo

discriminatório ocorre em níveis de energia arbitrariamente altos.

Vê-se que se trata de uma invenção que altera as condições fundamentais da indústria de maneira tão essencial quanto a transmissão e subdivisão de força motriz através do uso de um pequeno motor elétrico. O estudo do padrão de comportamento é transferido para uma parte especial do instrumento na qual a economia energética tem reduzida importância. Privamos assim da maior parte da sua importância as artimanhas e expedientes utilizados anteriormente para assegurar que uma conexão mecânica consistisse do menor número possível de elementos, bem como os dispositivos empregados para diminuir a fricção e o movimento desperdiçado. A construção de máquinas que envolvam tais partes foi transferida do domínio do artífice especializado para o do pesquisador de laboratório, e nesse campo ele dispõe de todos os utensílios disponíveis da teoria dos circuitos para substituir uma inventiva mecânica do antigo tipo. A invenção, no sentido antigo, foi suplantada pela utilização inteligente de certas leis da Natureza. O passo das leis da Natureza para a sua utilização foi reduzido de uma centena de vêzes.

Eu disse anteriormente que quando uma invenção é feita, decorre geralmente considerável período de tempo antes que sejam entendidas tôdas as suas implicações. Demorou para que as pessoas se dessem plena conta do impacto do aeroplano nas relações internacionais e nas condições da vida humana. O efeito da energia atômica sôbre a Humanidade e o futuro está ainda para ser avaliado, embora muitos observadores insistam em que se trata apenas de uma nova arma, semelhante a tôdas as armas anteriores.

O caso da válvula eletrônica é parecido. No princípio, foi ela considerada meramente como um utensílio adicional para suplementar as técnicas de comunicação telefônica já existentes. Os engenheiros eletricitas se equivocaram inicialmente acêrca da sua real importância, a tal ponto que, durante anos, as válvulas eletrônicas foram simplesmente uma parte específica da rêde de comunicações. Essa parte estava ligada a outras partes que consistiam tão-sômente

dos tradicionais elementos de circuito denominados inativos — as resistências, as capacitâncias e as indutâncias. Apenas a partir da guerra sentiram-se os engenheiros desembaraçados o bastante na utilização de válvulas eletrônicas para introduzi-las onde fôsse necessário, da mesma maneira por que haviam anteriormente introduzido elementos passivos daquelas três espécies.

A válvula eletrônica foi a princípio usada para substituir componentes já existentes de circuitos telefônicos de longa distância e de telegrafia sem fio. Não demorou, contudo, para que se tornasse evidente que o radiotelefone havia alcançado a estatura do radiotelégrafo e que a radio-difusão era possível. Que o fato de êsse grande triunfo da invenção ter sido deixado entregue em grande parte à novela radiofônica e ao cantor *hillbilly** não nos cegue para o excelente trabalho realizado no seu desenvolvimento e para as grandes possibilidades civilizadoras que se perverteram num *medicine-show*** nacional.

Embora a válvula eletrônica fizesse sua estréia na indústria de comunicações, as fronteiras e a extensão dessa indústria não foram inteiramente compreendidas durante longo tempo. Havia usos esporádicos da válvula eletrônica, e da invenção gêmea, a célula fotoelétrica, no exame de produtos da indústria, como, por exemplo, na regulagem da espessura da bobina de papel que sai de uma máquina de papel, ou na inspeção da côr de uma lata de abacaxi em conserva. Tais usos não constituíam ainda uma nova técnica racional nem estavam associados, na mente do engenheiro, à outra função da válvula eletrônica, a de comunicação.

Tudo isto mudou na guerra. Uma das poucas coisas que se lucrou com o grande conflito foi o rápido desenvol-

* Sertanejo ou montanhês do Sul dos Estados Unidos. (N. do T.)

** Espetáculo ambulante com que, nos Estados Unidos, se atraía a atenção de uma multidão para vender-lhe remédios. (N. do T.)

vimento da invenção, sob o estímulo da necessidade e da ilimitada utilização de dinheiro, e, sobretudo, do nôvo sangue recrutado para a pesquisa industrial. Nos primórdios da guerra, nossa maior necessidade era a de evitar que a Inglaterra fôsse derrotada por um ataque aéreo esmagador. Por conseguinte, o canhão antiaéreo foi um dos primeiros objetivos de nosso esforço científico de guerra, especialmente quando combinado com o aparelho de detecção de aviões por radar ou ondas hertzianas de freqüência ultra-elevada. A técnica de radar utilizava as mesmas modalidades de técnicas de rádio existentes, além de ter inventado outras originais. Era natural, pois, considerar o radar como um ramo da teoria da comunicação.

A par de detectar aviões pelo radar, era necessário abatê-los. Isso envolvia o problema do contrôle de tiro. A velocidade do aeroplano tornou necessário calcular à máquina os elementos da trajetória do míssil antiaéreo e conferir à própria máquina de predição funções comunicativas, que anteriormente tinham sido atribuídas ao ser humano. Dessa forma, o problema do contrôle de tiro antiaéreo fêz com que uma nova geração de engenheiros se familiarizasse com a noção de uma comunicação endereçada à máquina e não ao ser humano. No capítulo sôbre linguagem, já mencionamos outro campo em que, por considerável período de tempo, essa noção se havia tornado familiar a um grupo limitado de engenheiros: o campo das estações de força hidroelétrica automáticas.

Durante o período que precedeu imediatamente a Segunda Guerra Mundial, outros usos foram descobertos para a válvula eletrônica acoplada diretamente com a máquina, em vez de o ser com o agente humano. Entre tais usos, havia aplicações mais gerais às máquinas computadoras. O conceito de máquina computadora em grande escala, conforme foi desenvolvido por Vannevar Bush, entre outros, era, originariamente, um conceito puramente mecânico. Fazia-se a integração por meio de discos girantes, que se engrenavam uns nos outros por atrito, e o intercâmbio de entradas e saídas entre êsses discos era tarefa desempenhada pelo clássico trem de eixos e engrenagens.

A idéia matriz dessas primeiras máquinas computadoras era muito anterior ao trabalho de Vannevar Bush. Em certos respeitos, remontava ao trabalho de Babbage, nos primórdios do século passado. Babbage tinha uma idéia surpreendentemente moderna de máquina computadora, mas os meios técnicos de que dispunha estavam muito aquém de suas ambições. A primeira dificuldade com que se defrontou, e que não pôde resolver, foi a de que um longo trem de engrenagens exige força considerável para ser movimentado, de modo que sua saída de energia e seu torque logo se tornam pequenos demais para acionar as restantes partes da maquinaria. Bush percebeu essa dificuldade e a superou de maneira muito engenhosa. Além dos amplificadores elétricos, que dependem de válvulas eletrônicas e de outros dispositivos similares, há certos amplificadores mecânicos de torque conhecidos, por exemplo, de quem esteja familiarizado com descarregamento de navios. O estivador ergue as cargas passando-lhes as linguas à volta do tambor de um burro ou monta-cargas. Dessa maneira, a tensão que êle exerce mecanicamente é aumentada por um fator que cresce com extrema rapidez em função do ângulo de contacto da corda com o tambor giratório. Dessarte, um único homem é capaz de controlar o içamento de uma carga de muitas toneladas.

Êsse dispositivo é fundamentalmente um amplificador de força ou torque. Por meio de um engenhoso recurso de construção, Bush inseriu tais amplificadores mecânicos entre os estágios de sua máquina computadora, e logrou assim realizar efetivamente aquilo que fôra apenas um sonho para Babbage.

Nos primeiros tempos do trabalho de Vannevar Bush, antes que existissem quaisquer contrôles automáticos de alta velocidade em fábricas, eu me havia interessado pelo problema de uma equação diferencial parcial. O trabalho de Bush envolvera a equação diferencial ordinária, na qual a variável independente era o tempo e que duplicava, em seu decurso de tempo, o curso dos fenômenos que analisava, embora possivelmente em diferente velocidade. Na equação diferencial parcial, as quantidades que tomam o

lugar do tempo estão desdobradas no espaço, e eu sugeri a Bush que, em vista da técnica de exploração da televisão, que então se desenvolvia com grande celeridade, teríamos nós de considerar que semelhante técnica representava as muitas variáveis de, digamos, espaço, contra uma só variável de tempo. Uma máquina computadora construída dessa maneira teria de trabalhar em velocidade extremamente alta, o que, no meu modo de pensar, punha fora de cogitação os processos mecânicos e nos lançava de volta aos processos eletrônicos. Numa máquina assim, ademais, todos os dados teriam de ser escritos, lidos e apagados com uma velocidade compatível com a de outras operações da máquina; e, a par de incluir um mecanismo aritmético, ela precisaria também de um mecanismo lógico e teria de ser capaz de haver-se com problemas de programação numa base puramente lógica e automática. A noção de programação em fábricas já se havia tornado familiar mercê do trabalho de Taylor e Gilbreths acêrca de estudo de tempo, e estava pronta para ser transferida à máquina. Isso oferecia considerável dificuldade pormenor, mas nenhuma grande dificuldade de princípio. Eu já estava, pois, convencido, à altura de 1940, de que a fábrica automática apontava no horizonte e disso informei Vannevar Bush. O subsequente desenvolvimento da automatização, tanto antes como após a publicação da primeira edição dêste livro, convenceu-me de que eu estava certo no meu juízo e de que tal desenvolvimento seria um dos grandes fatôres a condicionar a vida social e técnica da época vindoura, a tônica da segunda revolução industrial.

Em uma de suas primeiras fases, o Analisador Diferencial de Bush realizava tôdas as funções principais de amplificação. Utilizava eletricidade apenas para fornecer energia aos motores que faziam a máquina funcionar como um todo. Esse estado dos mecanismos computadores era intermediário e transicional. Muito cedo tornou-se evidente que amplificadores de natureza elétrica, ligados por fios em vez de eixos, eram ao mesmo tempo menos dispendiosos e mais flexíveis que amplificadores e conexões mecânicas. Por conseguinte, as formas posteriores da máquina de Bush faziam uso de dispositivos de válvulas eletrônicas. Isso

foi continuado por tôdas as suas sucessoras, quer fôsem o que hoje chamamos de máquinas analógicas, que trabalham básicamente por medição de quantidades físicas, quer fôsem máquinas digitais, que trabalham básicamente por contagem e operação aritmética.

O desenvolvimento destas máquinas computadoras foi muito rápido a partir da guerra. Para um vasto campo de trabalho computacional, demonstraram ser muito mais rápidas e acuradas que o computador humano. Sua velocidade atingiu, desde então, tal grau, que qualquer intervenção humana intermediária em seu trabalho está fora de cogitação. Suscitam, portanto, a mesma necessidade de substituir capacidades humanas por capacidades mecânicas como as que encontramos no computador antiaéreo. As partes da máquina devem falar umas com as outras por meio de uma linguagem apropriada, sem falar a, ou ouvir, qualquer pessoa, a não ser no estágio inicial e terminal do processo. Temos aqui, novamente, um elemento que contribuiu para a aceitação geral da extensão, às máquinas, da idéia de comunicação.

Nessa conversação entre as várias partes de uma máquina, é amiúde necessário tomar conhecimento do que a máquina já disse. Aqui entra o princípio de realimentação (*feedback*), que já discutimos e que é mais antigo que sua exemplificação no mecanismo de govêrno do navio; em verdade, tão antigo pelo menos quanto o regulador de velocidade da máquina a vapor de Watt. Este regulador impede a máquina de desgovernar-se quando a resistência ao seu trabalho é removida. Quando ela começa a desgovernar-se, as bolas do regulador se alçam por ação centrífuga e, ao alçar-se, movem uma alavanca que interrompe parcialmente a entrada de vapor. Dessarte, a tendência ao aumento de velocidade produz uma tendência, parcialmente compensatória, à sua diminuição. Tal método de regulação recebeu uma completa análise matemática às mãos de Clerk Maxwell, em 1868.

Neste caso, a realimentação é usada para regular a velocidade de uma máquina. No mecanismo de govêrno do navio, ela regula a posição do leme. O homem à roda do leme põe em movimento um sistema de transmissão leve,

que emprega cadeias ou transmissão hidráulica, a qual aciona um componente na sala que contém o mecanismo de governo. Há algum tipo de aparelho que registra a distância entre esse componente e a cana do leme; e tal distância controla a admissão de vapor aos orifícios de entrada de uma máquina de governo a vapor, ou alguma admissão elétrica similar, no caso de uma máquina de governo elétrico. Quaisquer que possam ser as conexões específicas, essa alteração na admissão ocorre sempre numa direção que faz coincidir a cana do leme e o componente acionado pela roda do leme. Dessarte, um só homem executa com facilidade aquilo que uma equipagem inteira executava com dificuldade à velha roda do leme movida pela força humana.

Até aqui, demos somente exemplos de casos em que o processo de realimentação assume basicamente forma mecânica. Contudo, uma série de operações da mesma estrutura pode ser levada a cabo por meios elétricos ou mesmo eletrônicos. Tais meios prometem ser o futuro método padrão de idear aparelhos de controle.

De há muito que existe a tendência de automatizar fábricas e máquinas. A não ser para propósitos especiais, ninguém pensaria mais em produzir parafusos utilizando o torno ordinário, no qual um mecânico deve vigiar o progresso do seu cortador e regulá-lo à mão. A produção de parafusos em quantidade, sem intervenção humana ponderável, é hoje tarefa normal da máquina de parafusos comum. Embora esta não faça nenhum uso especial do processo de realimentação ou da válvula eletrônica, realiza finalidade algo semelhante. O que a realimentação e a válvula eletrônica tornaram possível não foi a construção esporádica de mecanismos automáticos individuais, e sim um sistema geral para a construção de mecanismos automáticos do mais variado tipo. Nisso, foram reforçados pelo nosso novo tratamento teórico da comunicação, que toma pleno conhecimento das possibilidades de comunicação de máquina a máquina. É esta conjunção de circunstâncias que torna agora possível a nova era da automação.

O estado atual das técnicas industriais inclui a totalidade dos resultados da primeira revolução industrial, junta-

mente com muitas invenções que ora percebemos serem precursoras da segunda revolução industrial. É ainda cedo para dizer qual possa ser a fronteira precisa entre essas duas revoluções. No seu significado potencial, a válvula eletrônica pertence certamente a uma revolução industrial diferente da era da força; e, no entanto, somente agora a verdadeira significação da invenção da válvula eletrônica foi compreendida o bastante para permitir-nos atribuir a presente era a uma segunda e nova revolução industrial.

Até aqui estivemos a falar acêrca do estado de coisas atual. Não cobrimos mais que uma pequena parte dos aspectos da anterior revolução industrial. Não mencionamos o aeroplano nem o *bulldozer*, a par de outros implementos mecânicos de construção, nem o automóvel, nem sequer um décimo daqueles fatôres que converteram a vida moderna em algo totalmente diverso da vida de qualquer outro período. É justo dizer-se, contudo, que, salvo por um número considerável de exemplos isolados, a revolução industrial até agora tem desalojado o homem e o animal como fontes de força motriz, sem exercer grande influência sôbre as outras funções humanas. O melhor que um trabalhador de picareta e pá pode fazer hoje para ganhar a vida é agir como uma espécie de respigador na esteira do *bulldozer*. Em todos os aspectos importantes, o homem que nada tenha para vender a não ser sua força física nada tem para vender que valha a pena comprar.

Passemos agora ao quadro de uma era mais completamente automática. Consideremos, por exemplo, como será a fábrica de automóveis do futuro, e, em particular, a linha de montagem, que é a parte da fábrica de automóveis que utiliza maior quantidade de mão-de-obra. Em primeiro lugar, a seqüência de operações será controlada por algo assim como uma moderna máquina computadora de alta velocidade. Neste livro, e alhures, eu disse repetidas vêzes que a máquina computadora de alta velocidade é, basicamente, uma máquina lógica, que confronta entre si diferentes proposições e extrai-lhes algumas das conseqüências. É possível traduzir tôda a Matemática na realização de uma seqüência de tarefas puramente lógicas. Se essa representa-

ção da Matemática estiver corporificada numa máquina, tal máquina será uma computadora no sentido ordinário. Contudo, esta máquina computadora, além de realizar tarefas matemáticas comuns, será capaz de empreender a tarefa lógica de encaminhar uma série de ordens referentes a operações matemáticas. Por isso, como de fato acontece com as atuais máquinas computadoras de alta velocidade, ela conterà pelo menos um grande conjunto puramente lógico.

As instruções para tal máquina (falo igualmente da prática atual) são dadas pelo que chamamos uma "fita gravada" (*taping*). As ordens dadas à máquina são nela introduzidas por uma fita gravada que é completamente predeterminedada. É também possível que as contingências reais encontradas no desempenho de uma máquina possam ser transferidas como base para ulterior regulagem, a uma nova fita de contrôlo construída pela própria máquina, ou a uma modificação da antiga. Já expliquei de que maneira julgo tais processos estarem relacionados com a aprendizagem.

Pode-se pensar que o alto custo atual das máquinas computadoras impede que sejam usadas em processos industriais; e, ademais, que a delicadeza do trabalho necessário à sua construção e a variabilidade de suas funções impossibilitam o uso de métodos de produção em massa no construí-las. Nenhuma dessas imputações é correta. Em primeiro lugar, as enormes máquinas computadoras atualmente usadas para o trabalho matemático do mais elevado nível têm um custo da ordem de centenas de milhares de dólares. Mesmo este preço não seria proibitivo para a máquina de contrôlo de uma fábrica realmente grande; não é, porém, o preço pertinente. As máquinas computadoras atuais se estão desenvolvendo tão depressa que praticamente cada máquina construída é um modelo novo. Por outras palavras, grande parte desses preços aparentemente exorbitantes corresponde ao novo trabalho de planificação e a novas peças, que são produzidas por mão-de-obra altamente qualificada, sob as mais dispendiosas circunstâncias. Portanto, se uma dessas máquinas computadoras fôsse padronizada, em preço e modelo, e posta em uso em quantidades de dezenas e vintenas, é muito de duvidar que seu

preço excedesse algumas dezenas de milhares de dólares. Uma máquina semelhante, de menor capacidade, não adequada para a maioria dos problemas computacionais, mas bastante apropriada para controle fabril, não custaria provavelmente mais que uns poucos milhares de dólares em qualquer tipo de produção em escala moderada.

Consideremos agora o problema da produção em massa de máquinas computadoras. Se a única oportunidade para a produção em massa fôsse a produção em massa de máquinas completas, é óbvio que, por longo tempo, o melhor que poderíamos esperar seria uma produção em escala moderada. Todavia, em cada máquina, as peças são grandemente repetitivas, em número assaz considerável. Isto é verdadeiro quer consideremos o aparelho de memória, o aparelho lógico, ou o subconjunto aritmético. Dessarte, a produção de apenas algumas dezenas de máquinas representa uma produção potencial em massa das peças, e se faz acompanhar das mesmas vantagens econômicas.

Pode ainda parecer que a delicadeza das máquinas deva significar que cada ocupação exige um novo modelo especial. Isto também é falso. Dada uma similitude mesmo grosseira no tipo de operações matemáticas e lógicas exigidas das unidades matemáticas e lógicas da máquina, o desempenho global é regulado pela fita gravada ou, seja como fôr, pela fita gravada *original*. A gravação de fita para uma máquina que tal é uma tarefa altamente especializada a ser desempenhada por um profissional de tipo muito especializado; trata-se, porém, em grande parte ou inteiramente, de um trabalho definitivo, e carece apenas de ser repetido parcialmente quando a máquina é modificada para uma nova estrutura industrial. Assim, o custo de um técnico especializado dêsse tipo se distribuirá por um tremendo rendimento e não constituirá realmente fator significativo no uso da máquina.

A máquina computadora representa o centro da fábrica automática, mas jamais será a totalidade da fábrica. Por um lado, recebe suas instruções pormenorizadas de elementos da natureza de órgãos sensórios, tais como células fotoelétricas, condensadores para leitura da espessura de uma

bobina de papel, termômetros, medidores de concentração de hidrogênio iônico, e toda a série de aparelhos hoje construídos por companhias de instrumentos para o controle manual de processos industriais. Esses instrumentos já são construídos de forma a dar, eletricamente, informações em pontos remotos. Tudo de quanto precisam para poder introduzir sua informação num computador automático de alta velocidade é de um aparelho de leitura, que traduza posição ou escala num padrão de números dígitos consecutivos. Tal aparelho já existe e não oferece grande dificuldade, quer de princípio, quer de detalhe de construção. O problema dos órgãos sensórios não é novo, e já foi resolvido de forma efetiva.

Além desses órgãos sensórios, o sistema de controle deve conter órgãos motores, que atuem no mundo exterior. Alguns são de tipo já familiar, tais como motores acionadores de válvulas, engatadores elétricos, e outros que tais. Alguns terão de ser inventados, para reproduzir com maior fidelidade as funções da mão humana completada pelo olho humano. Já é perfeitamente possível, na usinagem de carcaças de automóveis, deixar certas orelhas de metal, trabalhadas em superfícies lisas, como pontos de referência. A ferramenta, seja ela um perfurador, uma máquina de rebitagem ou o que desejemos, pode ser levada até as proximidades dessas superfícies por um mecanismo fotoelétrico estimulado, por exemplo, por manchas de tinta. A colocação final pode fazer a ferramenta encostar nas superfícies de referência, de modo a estabelecer contacto firme, embora não destrutivamente firme. Esta é apenas uma das maneiras de realizar o trabalho. Qualquer engenheiro competente poderá idear dez outras.

Evidentemente, pressupomos que os instrumentos que funcionam como órgãos sensórios registrem não apenas o estado original do trabalho, mas também o resultado de todos os processos anteriores. Dessarte, a máquina realiza operações de realimentação, tanto aquelas do tipo simples, hoje tão bem compreendidas, como as que envolvam processos mais complicados de discriminação, regulados pelo controle central, como um sistema lógico ou matemático.

Por outras palavras, o sistema global corresponde ao animal completo, com órgãos sensórios, órgãos motores e proprioceptores, e não, como na máquina computadora ultrarrápida, a um cérebro isolado, dependente, no que respeita às suas experiências e eficácia, de nossa intervenção.

A rapidez com que êstes novos dispositivos possivelmente entrarão em uso industrial variará grandemente com as diferentes indústrias. Máquinas automáticas, que podem não ser precisamente as descritas aqui, mas que desempenham aproximadamente as mesmas funções, já estão sendo bastante usadas em indústrias de processo contínuo, tais como fábricas de conservas, usinas de laminação de aço e, especialmente, fábricas de fios e de fôlhas-de-flandres. São também familiares em fábricas de papel, que, de igual maneira, têm produção contínua. Outro lugar em que são indispensáveis é naquele tipo de fábrica cujo contrôle é perigoso demais para que qualquer número considerável de operários nêle arrisque suas vidas, e em que uma situação de emergência será possivelmente tão grave e dispendiosa que suas possibilidades têm de ser consideradas por antecipação, e não deixadas ao perturbado critério de alguém que se encontre no local. Se se puder planejar um programa de ação antecipado, êle poderá ser confiado a uma fita gravada, que regulará a conduta a ser seguida, de acôrdo com as leituras do instrumento. Por outras palavras, tais fábricas deveriam estar sob um regime semelhante ao dos sinais de entreligamento e agulhas de desvio de uma tôrre de sinalização ferroviária. Tal regime já é seguido nas destilarias de *cracking* de petróleo, em muitas outras usinas de produtos químicos, e no manuseio de materiais perigosos encontrados na exploração da energia atômica.

Já mencionamos a linha de montagem como um local para aplicação das mesmas espécies de técnica. Na linha de montagem, assim como na fábrica de produtos químicos ou na fábrica de papel de processo contínuo, é mister exercer certo contrôle estatístico da qualidade do produto. Êsse contrôle depende de um processo de amostragem. Tais processos de amostragem foram desenvolvidos, por Wald e outros, numa técnica denominada *análise seqüencial*, na qual

a amostragem não mais é feita em bloco, mas constitui um processo contínuo que acompanha a produção. Aquilo que se pode então fazer por via de uma técnica tão padronizada que pode ser deixada a cargo de um calculador estatístico, que não compreende a lógica que a fundamenta, pode também ser executado por uma máquina computadora. Por outras palavras, a não ser, mais uma vez, nos níveis superiores, a máquina pode cuidar dos controles estatísticos de rotina, bem como do processo de produção.

Em geral, as fábricas têm um método de contabilidade que é independente da produção; todavia, na medida em que os dados que ocorram na contabilidade de custo procedam da máquina ou da linha de montagem, podem ser introduzidos diretamente numa máquina computadora. Outros dados podem ser introduzidos, de quando em quando, por operadores humanos; entretanto, o grosso do trabalho de escritório pode ser realizado mecânicamente, ficando apenas os pormenores extraordinários, tal como correspondência externa, para os seres humanos. Mas mesmo grande parte da correspondência externa pode ser recebida dos correspondentes em cartões perfurados ou transferida para cartões perfurados por mão-de-obra de nível extremamente baixo. A partir desse estágio, tudo poderá ser feito por máquina. Tal mecanização se pode também aplicar a uma parte ponderável da biblioteca e das disponibilidades de arquivo de uma instalação industrial.

Por outras palavras, a máquina não tem favoritismos no que respeita a trabalho manual ou intelectual. Por isso, os campos possíveis em que é de esperar-se que a nova revolução industrial penetre são amplos, e incluem todo trabalho que implique em decisões de baixo nível, da mesma forma por que a mão-de-obra suplantada na revolução industrial anterior incluía todos os aspectos da força humana. Haverá, decerto, ramos em que a nova revolução industrial não irá penetrar, ou porque as novas máquinas de controle não são econômicas em indústrias que, por pequenas, não podem suportar os consideráveis custos de capital por elas acarretados, ou porque o trabalho delas é tão variado que uma nova gravação será necessária para

quase cada tarefa: Não consigo ver maquinaria automática, do tipo utilizado para substituir trabalho decisório, sendo usada pelo armazém ou pela garagem da esquina, embora a possa ver muito bem sendo empregada pelo atacadista de secos e molhados e pelo fabricante de automóveis. O trabalhador rural também, conquanto comece a ser assediado pela maquinaria automática, está protegido de uma pressão total devido ao solo que tem de abranger, à variabilidade das culturas que deve lavrar, às condições especiais do tempo, e às situações semelhantes com que tem de haver-se. Todavia, mesmo o grande fazendeiro se está tornando cada vez mais dependente da maquinaria para a mondanagem e a colheita de algodão, assim como o plantador de trigo de há muito depende da ceifeira de MacCormick. Onde tais máquinas sejam usadas, não é inconcebível possa ter algum uso a maquinaria de tipo decisório.

A introdução dos novos dispositivos e as datas em que são de esperar-se constituem, evidentemente, em grande parte problemas econômicos, nos quais não sou entendido. A menos que ocorram violentas alterações políticas ou outra grande guerra, calculo que levará aproximadamente de dez a vinte anos para que os novos instrumentos conquistem o que lhes pertence. Uma guerra mudaria tudo isto da noite para o dia. Se nos empenhássemos numa guerra contra uma grande potência como a Rússia, guerra que exigiria muito da infantaria e, por conseguinte, de nosso potencial humano, poderíamos encontrar dificuldades em manter nossa produção industrial. Em tais circunstâncias, a questão de substituir a produção humana por outros modos de produção pode bem constituir-se em questão de vida ou morte para a nação. Estamos tão avançados no processo de desenvolver um sistema unificado de máquinas de controle automático quanto o estávamos, em 1939, no desenvolvimento do radar. Assim como a emergência da Batalha da Inglaterra tornou necessário atacar o problema do radar de maneira maciça, e apressar possivelmente de décadas o desenvolvimento natural desse campo, assim também é de esperar-se que as necessidades de substituição de mão-de-obra atuem sobre nós de maneira semelhante, no caso de outra guerra. Pessoal como radioamadores hábeis,

matemáticos e físicos, que foram tão rapidamente convertidos em engenheiros elétricos competentes para o propósito de construção do radar, ainda está disponível para a tarefa correlata de planejar máquinas automáticas. Há uma nova geração de especialistas surgindo agora, que foi treinada por eles.

Em tais circunstâncias, o período de cêrca de dois anos que demorou para que o radar ingressasse no campo de batalha com alto grau de eficiência, dificilmente será superado pelo período de evolução da fábrica automática. Ao cabo de uma guerra assim, a perícia requerida para construir tais fábricas será coisa comum. Haverá, inclusive, considerável reserva de equipamento manufaturado pelo govêrno, que possivelmente estará à venda ou ao dispor dos industriais. Dessarte, uma nova guerra verá a era da automação em plena atividade em menos de cinco anos.

Falei da atualidade e da iminência desta nova possibilidade. Que podemos esperar de suas conseqüências econômicas e sociais? Em primeiro lugar, podemos esperar cessação definitiva e abrupta da necessidade de mão-de-obra fabril do tipo que executa tarefas puramente repetitivas. Ao fim e ao cabo, a natureza extremamente desinteressante da tarefa repetitiva poderá fazer dela algo de bom e fonte do ócio necessário para o pleno desenvolvimento cultural do Homem. Poderá também produzir resultados culturais tão triviais e ruinosos quanto a maior parte daqueles até agora produzidos pelo rádio e pelo cinema.

Seja como fôr, o período intermediário de introdução dos novos meios, especialmente se ocorrer da maneira fulminante que é de se esperar de uma nova guerra, levará a um período imediato, intermédio, de confusão calamitosa. Temos boa dose de experiência no tocante ao modo por que os industriais encaram um nôvo potencial industrial. Tôda a sua propaganda visa a fazer crer que êle não deve ser considerado negócio exclusivo do govêrno, mas deve estar aberto aos empresários que nêle desejem investir dinheiro. Sabemos também que têm poucas inibições quando se trata de tirar todo o lucro que possam de uma indústria, deixando só os restos para o público. Essa é a história das

indústrias de madeira e mineração, e faz parte daquilo que, em outro capítulo, chamamos de a tradicional filosofia norte-americana do progresso.

Em tais circunstâncias, a indústria será inundada com as novas máquinas na medida em que estas demonstrem propiciar lucros imediatos, pouco importando os danos que, a longo prazo, possam ocasionar. Assistiremos a um processo análogo ao modo por que se permitiu que o uso de energia atômica para bombas comprometesse as potencialidades, deveras necessárias, do uso a longo prazo da energia atômica para substituir nossas reservas de petróleo e carvão, que estão a séculos, se não décadas, do completo esgotamento. Note-se bem que bombas atômicas não fazem concorrência a companhias de força.

Recordemos que a máquina automática, qualquer que seja nosso pensamento acêrca dos sentimentos que possa ou não ter, é o exato equivalente econômico do trabalho escravo. Qualquer mão-de-obra que concorra com o trabalho escravo deve aceitar-lhe as condições econômicas. Está claro que isso suscitará uma situação de desemprego, comparada à qual a atual recessão, e mesmo a depressão de trinta, parecerá uma brincadeira. Tal depressão arruinará muitas indústrias — possivelmente até mesmo as indústrias que se aproveitaram das novas potencialidades. Contudo, nada existe na tradição industrial que proíba a um industrial obter lucro certo e rápido e safar-se antes que o colapso financeiro o atinja pessoalmente.

A nova revolução industrial é, pois, uma espada de dois gumes. Pode ser usada para o benefício da Humanidade, mas somente se a Humanidade sobreviver o bastante para ingressar num período em que tal benefício seja possível. Pode ser também usada para destruir a Humanidade, e se não fôr empregada inteligentemente, pode avançar muito nesse caminho. Há, contudo, sinais esperançosos no horizonte. Desde a publicação da primeira edição deste livro, participei de duas grandes reuniões com representantes do mundo empresarial e fiquei encantado com a consciência que muitos dos presentes demonstraram dos perigos sociais de nossa nova tecnologia e das obrigações so-

ciais dos responsáveis pela direção de cuidar de que as novas modalidades sejam usadas para benefício do Homem, para incremento de seu lazer e enriquecimento de sua vida espiritual, em vez de o ser apenas por amor do lucro e pela adoração da máquina como um nôvo bezerro de ouro. Existem ainda muitos perigos pela frente, mas os alicerces da boa vontade aí estão, e eu não me sinto tão totalmente pessimista como ao tempo da publicação da primeira edição dêste livro.

X

ALGUMAS MÁQUINAS DE COMUNICAÇÃO E SEU FUTURO

Consagrei o capítulo anterior ao problema do impacto industrial e social causado por certas máquinas de controle, que já começam a mostrar significativas possibilidades de virem a substituir o trabalho humano. Todavia, há um grande número de problemas referentes aos autômatos que nada têm a ver com nosso sistema fabril, mas que servem ou para ilustrar e deitar luz sobre as possibilidades dos mecanismos comunicativos em geral, ou para propósitos semi-médicos, para a prótese e substituição de funções humanas perdidas ou enfraquecidas em certos indivíduos infortunados. A primeira máquina que iremos discutir foi construída para finalidades teóricas, como ilustração de um trabalho que eu fizera, no papel, alguns anos antes, em colaboração com os meus colegas Dr. Arturo Rossenblueth e Dr. Julian Bigelow. Nesse trabalho, conjecturamos que o mecanismo da atividade voluntária era de natureza realimentadora, e, por conseguinte, procuramos, na ação voluntária humana, as características de colapso que os mecanismos de realimentação exibem quando estão sobrecarregados.

O tipo mais simples do colapso se evidencia como uma oscilação num processo de busca de alvo, que aparece somente quando tal processo é ativamente invocado. Isso corresponde, assaz de perto, ao fenômeno humano conhe-

cido por *tremor de intenção*, no qual, por exemplo, quando o paciente estende a mão para pegar um copo d'água, sua *mão oscila cada vez mais*, e *êle não pode erguer o copo*.

Existe outro tipo de tremor humano que, em certos aspectos, se opõe diametralmente ao tremor de intenção. É chamado *Parkinsonismo* e todos o conhecemos como a *paralisia agitante dos velhos*. Neste caso, o paciente exhibe o tremor até em repouso, e, em verdade, se a moléstia não fôr muito acentuada, sòmente em repouso. Quando tenta realizar algum propósito definido, o tremor decresce a tal ponto que a vítima de um estágio inicial de Parkinsonismo pode até tornar-se um bem sucedido cirurgião de olhos.

Nós três relacionamos êste tremor parkinsoniano com um aspecto de realimentação ligeiramente diverso da realimentação relacionada com a realização intencional. Para se levar a cabo um intento com êxito, as várias articulações que não estejam diretamente relacionadas com o movimento intencional devem ser mantidas numa condição tal de *tonus* ou tensão moderada, que a contração final intencional dos músculos seja devidamente favorecida. Para alcançar isso, é mister um segundo mecanismo de realimentação, cuja localização no cérebro não parece ser o cerebelo, o qual é a estação central de contrôle do mecanismo que se desarranja no tremor intencional. Esta segunda espécie de realimentação é conhecida por *realimentação de postura*.

Pode ser matematicamente demonstrado que, em ambos os casos de tremor, a realimentação é imoderadamente grande. Ora, quando se considera qual a realimentação que é importante no Parkinsonismo, verifica-se que a realimentação voluntária que regula o movimento principal está em direção oposta à da realimentação de postura na medida em que o movimento das partes reguladas pela realimentação de postura esteja envolvido. Por isso, a existência de um intento tende a reduzir a excessiva amplificação da realimentação de postura e pode muito bem torná-la inferior ao nível de oscilação. Tais coisas eram-nos assaz conhecidas teòricamente, mas até há bem pouco não nos havíamos dado ao trabalho de construir um modelo ativo delas. Contudo, tornou-se desejável para nós construir um

aparelho de demonstração que funcionasse de acôrdo com nossas teorias.

Por conseguinte, o Professor J. B. Wiesner, do Laboratório de Eletrônica do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, discutiu comigo a possibilidade de construir uma máquina de tropismo, ou máquina com um propósito simples fixo, implícito, com partes suficientemente ajustáveis para demonstrar o fenômeno principal de realimentação voluntária e daquilo que havíamos chamado de realimentação postural e seu colapso. Por sugestão nossa, o Sr. Henry Singleton se encarregou do problema de construir uma máquina que tal e levou-a a brilhante e vitoriosa conclusão. Essa máquina tem dois modos principais de ação, num dos quais é positivamente fototrópica e procura a luz, sendo negativamente fototrópica no outro e fugindo à luz. Chamamos à máquina, em suas duas respectivas funções, *Mari-pôsa* e *Percevejo*. A máquina consiste de um carrinho de três rodas com um motor propulsor no eixo traseiro. A roda dianteira é um rodízio governado por uma cana de leme. O carrinho transporta um par de fotocélulas orientadas para a frente, uma das quais abrange o quadrante esquerdo, ao passo que a outra abrange o direito. Essas células são os braços opostos de uma ponte. A saída da ponte, que é reversível, passa por um amplificador ajustável. Depois disso, vai ter a um motor posicionante que regula a posição de um contacto com um potenciômetro. O outro contacto é regulado também por um motor semelhante, que movimenta outrossim a cana do leme. A saída do potenciômetro, que representa a diferença entre a posição dos dois motores posicionantes, vai ter, através de um segundo amplificador ajustável, a um segundo motor posicionante, regulando dessa maneira a cana do leme.

De acôrdo com a direção da saída da ponte, o instrumento será dirigido ou para o quadrante de luz mais intensa ou para longe dêle. Em ambos os casos, tende automaticamente a equilibrar-se. Há, pois, uma realimentação dependente da fonte de luz e que se dirige da luz para as células fotoelétricas e destas para o sistema de comando do leme, pelo qual regula finalmente a direção do seu próprio movimento e muda o ângulo de incidência da luz.

Tal realimentação tende a levar a cabo o intento de fototropismo positivo ou negativo. É o análogo de uma realimentação voluntária, pois no homem consideramos que uma ação voluntária é essencialmente uma escolha entre tropismos. Quando esta realimentação é sobrecarregada pelo aumento da amplificação, o carrinho, ou "a maripôsa" ou "o percevejo", conforme a direção de seu tropismo, buscará a luz ou a evitará, de uma maneira oscilatória em que as oscilações se tornam cada vez maiores. Trata-se de uma analogia bastante fiel do fenômeno de tremor intencional, que está relacionado com dano ao cerebelo.

O mecanismo posicionante do leme contém uma segunda realimentação, que pode ser considerada como postural. Esta realimentação vai do potenciômetro ao segundo motor e volta ao potenciômetro, sendo o seu ponto zero regulado pela saída da primeira realimentação. Se esta fôr sobrecarregada, o leme cairá numa segunda espécie de tremor. Tal espécie de tremor aparece na ausência de luz, vale dizer, quando não se dá um intento à máquina. Teoricamente, isso se deve ao fato de que, no que respeita ao segundo mecanismo, a ação do primeiro mecanismo é antagonica à sua realimentação e tende a reduzir-lhe o montante. No homem, tal fenômeno constitui o que descrevemos como Parkinsonismo.

Recebi recentemente uma carta do Dr. Grey Walter, do Instituto de Neurologia Burden, de Bristol, Inglaterra, na qual êle manifesta o seu interêsse pela "maripôsa" ou "percevejo" e me fala de um mecanismo similar que ideou e que difere do meu pelo fato de ter um intento determinado, mas variável. Na sua própria linguagem: "Incluimos outras características que não a realimentação inversa, as quais lhe dão uma atitude exploratória e ética para com o universo, bem como uma atitude de puro tropismo." A possibilidade de uma alteração que tal no padrão de comportamento é discutida no capítulo dêste livro que trata da aprendizagem, e tal discussão tem pertinência direta com a máquina de Walter, embora, de momento, eu ignore exatamente que meios êle utiliza para obter tal tipo de comportamento.

A maripôsa e o ulterior desenvolvimento, pelo Dr. Walter, de uma máquina de tropismo, parecem ser, à primeira vista, exercícios de virtuosidade, ou, quando muito, comentários mecânicos a um texto filosófico. Não obstante, apresentam certa utilidade definida. O Corpo Médico do Exército dos Estados Unidos tirou fotografias da "maripôsa" para compará-las com fotografias de casos reais de tremor nervoso, de modo que elas são, pois, de utilidade no ensino dos neurologistas do Exército.

Há uma segunda classe de máquinas com as quais nos preocupamos igualmente e que têm um valor médico muito mais direto e de mais imediata pertinência. Essas máquinas podem ser usadas para suprir as faltas dos mutilados e dos sensorialmente deficientes, bem como para dar novas capacidades, potencialmente perigosas, aos já possantes. A utilidade da máquina pode estender-se à construção de melhores membros artificiais; de instrumentos que auxiliem o cego a ler páginas de texto comum, traduzindo-lhes a configuração visual em termos auditivos: de outros auxílios semelhantes, para informá-los de perigos que se aproximem e para dar-lhes liberdade de locomoção. Particularmente, podemos utilizar a máquina para ajudar os totalmente surdos. Auxílios desta última classe são os mais fáceis de construir; em parte porque a técnica do telefone é a mais bem estudada e a mais conhecida das técnicas de comunicação; em parte porque a perda de audição é a esmagadora perda de algo — da livre participação na conversação humana; e em parte porque a informação útil conduzida pela fala pode ser comprimida em limites tão exíguos que não está além da capacidade de condução do sentido do tacto.

Há algum tempo atrás, o Professor Wiesner contou-me que estava interessado na possibilidade de construir um auxiliar para os totalmente surdos, e que gostaria de ouvir minha opinião acerca do assunto. Dei-lha e constatou-se que tínhamos idênticas opiniões. Estávamos a par do trabalho que já havia sido realizado, no tocante à fala visível, pelos Laboratórios da Companhia Telefônica Bell, e da relação dêle com seu anterior trabalho no *Vocoder*. Sabíamos que o trabalho do *Vocoder* nos dava uma medida do

teor de informação que era necessário transmitir para a inteligibilidade da linguagem, que era mais favorável que a de qualquer método anterior. Achávamos, contudo, que a fala visível tinha duas desvantagens, a saber: não parecia ser fácil de produzir em forma portátil, e fazia exigências excessivas ao sentido da visão, o qual é relativamente mais importante para a pessoa surda do que para o resto de nós. Uma estimativa aproximada mostrava que uma transferência, para o sentido do tacto, do princípio usado no instrumento de fala visível era possível, e decidimos que essa seria a base de nosso aparelho.

Logo após começarmos, descobrimos que os investigadores dos Laboratórios da Bell tinham também considerado a possibilidade de uma recepção táctil do som e a haviam incluído na sua solicitação de patente. Foram deveras bondosos: disseram-nos que não tinham realizado nenhum trabalho experimental nesse particular e nos deixaram em liberdade para levar avante nossas pesquisas. Por conseguinte, confiamos os planos e o desenvolvimento do aparelho ao Sr. Leon Levine, um estudante graduado do Laboratório de Eletrônica. Previmos que o problema de adstramento constituiria parte considerável do trabalho necessário a pôr em uso efetivo nosso dispositivo, e nisso nos beneficiamos dos conselhos do Dr. Alexandre Bavelas, de nosso Departamento de Psicologia.

Ao problema de interpretar a fala através de outro sentido que não o da audição, tal como o sentido do tacto, pode ser dada a seguinte interpretação, do ponto de vista da linguagem. Conforme dissemos, podemos, *grosso modo*, distinguir três estágios de linguagem, e duas traduções intermediárias, entre o mundo exterior e o recebimento subjetivo de informação. O primeiro estágio consiste nos símbolos acústicos tomados fisicamente como vibrações no ar; o segundo, ou estágio fonético, consiste nos vários fenômenos do ouvido interno e da parte conexas do sistema nervoso; o terceiro, ou estágio semântico, representa a transferência desses símbolos para uma experiência de significação.

No caso da pessoa surda, o primeiro e o terceiro estágios ainda estão presentes, mas falta o segundo estágio.

Contudo, é perfeitamente concebível a substituição do segundo estágio por um outro que desvie o sentido da audição e o faça passar, por exemplo, pelo sentido do tacto. Neste caso, a translação entre o primeiro estágio e o novo segundo estágio é realizada, não pelo aparelho fisico-nervoso com que nascemos, mas por um sistema artificial, de construção humana. A translação entre o novo segundo estágio e o terceiro estágio não é diretamente acessível ao nosso exame; representa a formação de um novo sistema de hábitos e respostas, tais como as que desenvolvemos quando aprendemos a guiar um carro. A situação atual de nosso aparelho é a seguinte: a transição entre o primeiro e o novo segundo estágio está sob perfeito controle, embora haja ainda algumas dificuldades técnicas a vencer. Estamos fazendo estudos do processo da aprendizagem, isto é, da transição entre o segundo e o terceiro estágios, e, na nossa opinião, tais estudos parecem ser extremamente prometedores. O melhor resultado que podemos mostrar por enquanto é o de que com um vocabulário aprendido de doze palavras simples foram cometidos apenas seis erros numa seqüência de oitenta repetições a êsmo.

Em nosso trabalho, tínhamos de ter sempre presente certos fatos. O primeiro deles é, como já dissemos, o fato de que a audição não é apenas um sentido de comunicação, mas um sentido de comunicação que tem seu uso principal no estabelecimento de um *rappor*t com outros indivíduos. É também um sentido que corresponde a certas atividades comunicativas de nossa parte: a saber, as da fala. Outros usos da audição são importantes, tais como a recepção dos sons da Natureza e a apreciação da música; não são, todavia, tão importantes que devamos considerar socialmente surda a pessoa que pudesse compartilhar apenas da comunicação comum, da fala de pessoa a pessoa, e não de qualquer outra forma de audição. Por outras palavras, é atributo da audição o de que, se estivermos privados de todos os seus usos, salvo o da comunicação verbal com outras pessoas, estaremos sofrendo apenas uma desvantagem mínima.

Para fins de prótese sensória, temos de considerar todo o processo da fala como uma unidade. Vê-se quão essen-

cial é esta quando se considera a fala dos surdos-mudos. Na maioria dos casos de surdos-mudos, um adestramento em leitura de lábios não é nem impossível nem excessivamente difícil; treinadas, tais pessoas podem alcançar proficiência assaz sofrível no receber mensagens verbais de outras pessoas. Por outro lado, e com pouquíssimas exceções, que são o resultado de melhores e mais recentes métodos de adestramento, a grande maioria dos surdos-mudos, embora possam aprender a usar seus lábios e bôcas para produzir som, fazem-no com uma entonação áspera e grotesca, que representa uma forma sobremaneira ineficiente de enviar mensagens.

As dificuldades residem no fato de que, para essas pessoas, o ato da conversação foi fraturado em duas partes inteiramente separadas. Podemos simular a situação muito facilmente para uma pessoa normal, dando-lhe um sistema telefônico de comunicação com outra pessoa no qual sua própria fala não lhe é transmitida, pelo telefone, aos ouvidos. É muito fácil construir tais sistemas de transmissão de microfone mudo; foram efetivamente considerados pelas companhias telefônicas, que os rejeitaram devido ao assustador sentimento de frustração que ocasionam, particularmente a frustração de não saber, quem fala, quanto de sua voz é transmitido pela linha. Pessoas que usam um sistema dessa espécie são sempre forçadas a gritar com tôda a força dos pulmões, para se garantirem de que não perderam nenhuma oportunidade de fazer com que a mensagem fôsse aceita pela linha.

Voltamos agora à fala comum. Vemos que os processos de fala e audição, na pessoa normal, nunca se separaram e que, pelo contrário, o próprio processo de aprendizagem da fala é condicionado pelo fato de que cada indivíduo se ouve a si mesmo falando. Para obter os melhores resultados, não basta que o indivíduo se ouça falando em ocasiões muito distanciadas entre si, e que preencha os hiatos entre tais ocasiões com o auxílio da memória. Uma fala de boa qualidade só pode ser alcançada quando é sujeitada a continuo contrôle e autocrítica. Qualquer auxílio para os totalmente surdos deve tirar vantagem dêste

fato, e embora possa, na verdade, apelar para outro sentido, tal como o do tacto, em vez de apelar para o sentido carente da audição, deve assemelhar-se aos auxílios elétricos de audição atualmente usados, no que respeita ao fato de ser portátil e de ter uso contínuo.

A filosofia ulterior da prótese auditiva depende do teor de informação efetivamente utilizado na audição. A mais grosseira avaliação dêsse teor envolve a estimativa do máximo que pode ser comunicado numa faixa sonora de 10 000 ciclos e numa amplitude de uns 80 decibéis. Este volume de comunicação, contudo, embora assinala o máximo que o ouvido pode concebivelmente alcançar, é por demais alto para representar a informação efetiva dada pela fala na prática. Em primeiro lugar, fala de qualidade telefônica não envolve transmissão de mais que 3 000 ciclos; e a faixa de amplitude não excede certamente 5 a 10 decibéis; mesmo neste caso, porém, ainda que não tenhamos exagerado o que é transmitido ao ouvido, estamos exagerando flagrantemente o que é utilizado pelo ouvido e pelo cérebro para reconstituir a fala reconhecível.

Dissemos que o melhor trabalho até agora feito no tocante a êsse problema de estimativa é o trabalho do *Vocoder*, dos Laboratórios da Companhia Telefônica Bell. Pode ser usado para demonstrar que se a fala humana fôr *apropriadamente dividida em não mais que cinco bandas*, e se estas forem retificadas de modo que apenas seus envoltórios formais ou configurações externas sejam percebidos e usados para modular sons deveras arbitrários dentro de sua faixa de frequência, então, se êsses sons forem finalmente somados, a fala original será reconhecível como tal e quase reconhecível como a fala de um indivíduo determinado. Não obstante a quantidade de informação possível transmitida, usada ou não, foi cortada para não mais que um décimo ou centésimo do potencial original de informação presente.

Quando distinguimos entre informação usada e não usada na fala, distinguimos entre a capacidade máxima de codificação da fala tal como é recebida pelo ouvido, e a capacidade máxima que penetra através da rêde em cascata

dos sucessivos estágios constituídos pelo ouvido seguido do cérebro. A primeira é pertinente apenas à transmissão da fala através do ar e de instrumentos intermediários como o telefone, seguida do ouvido propriamente dito, mas não a qualquer aparelho do cérebro que seja usado para a compreensão da fala. A segunda diz respeito ao poder de transmissão de todo o complexo ar-telefone-ouvido-cérebro. Evidentemente, podem existir matizes mais refinados de inflexão que não chegam ao sistema global de transmissão em banda estreita de que estamos falando, e é difícil estimar o teor de informação perdida que transportam; parece, contudo, ser relativamente pequeno. Esta é a idéia básica do *Vocoder*. As anteriores estimativas técnicas de informação eram falhas por ignorarem o elemento terminal da cadeia que vai do ar ao cérebro.

Ao apelar para os outros sentidos de uma pessoa surda, devemos dar-nos conta de que, tirante a visão, os demais são inferiores e transmitem menos informação por unidade de tempo. A única maneira de podermos fazer com que um sentido inferior como o do tacto trabalhe com eficiência máxima é enviar através dêle, não a informação completa que recebemos pela audição, mas uma porção selecionada dessa audição, adequada para o entendimento da fala. Por outras palavras, substituímos parte da função que o córtex normalmente realiza após a recepção do som, por uma filtragem de nossa informação, antes que ela atravesse os receptores tácteis. Transferimos, desse modo, parte da função do córtex cerebral para um córtex artificial externo. A maneira precisa por que fazemos isso no aparelho que estamos estudando é pela separação das bandas de frequência da fala, como no *Vocoder*, e, a seguir, pela transmissão dessas diferentes bandas retificadas a regiões tácteis especialmente distantes, depois de elas terem sido usadas para modular vibrações de frequências facilmente perceptíveis pela pele. Por exemplo, cinco bandas podem ser enviadas respectivamente ao polegar e aos quatro dedos de uma mão.

Isto nos dá as noções básicas do aparelho necessário para a recepção da fala inteligível através de vibrações so-

noras transformadas elêtricamente em tacto. Já avançamos o bastante para saber que os padrões de um considerável número de palavras são suficientemente distintos entre si, e suficientemente uniformes num certo número de elocutores, para poderem ser reconhecidos sem necessidade de muito treinamento prévio de conversação. Dêsse ponto em diante, a direção principal da investigação deve ser a de mais completo adestramento de surdos-mudos no reconhecimento e reprodução de sons. No setor técnico, teremos problemas consideráveis no tocante ao caráter portátil do aparelho e à redução de suas necessidades de energia, sem qualquer perda substancial de desempenho. Tais assuntos estão ainda *sub judice*. Não quero suscitar falsas e, em particular, prematuras esperanças nos afligidos e em seus amigos, mas creio ser seguro dizer-se que a perspectiva de êxito está longe de ser desalentadora.

Desde a publicação da primeira edição dêste livro, novos dispositivos especiais para elucidar pormenores da teoria da comunicação foram desenvolvidos por outros pesquisadores. Já mencionei, num capítulo anterior, os homeostatos do Dr. Ashby e as máquinas de certo modo similares do Dr. Grey Walter. Seja-me permitido mencionar aqui algumas máquinas anteriores do Dr. Walter, algo parecidas à minha "maripôsa" ou "percevejo", mas que foram construídas para uma finalidade diferente. Nessas máquinas fototrópicas, cada elemento conduz uma luz, de modo a poder estimular os outros elementos. Dessarte, quando se põe em funcionamento uma porção dêles ao mesmo tempo, êles exibem certos agrupamentos e reações mútuas que seriam interpretados, pela maior parte dos especialistas em psicologia animal, como comportamento social, caso fossem encontrados em seres de carne e osso, em vez de bronze e aço. É o comêço de uma nova ciência, a do comportamento mecânico, embora quase tôda ela seja ainda coisa do futuro.

Aqui no M. I. T., as circunstâncias dificultaram, durante os últimos dois anos, levar muito avante o trabalho na luva auditiva, embora ainda exista a possibilidade do seu desenvolvimento. Entrementes, a teoria — ainda que

não os detalhes do aparelho — levou a aperfeiçoamentos no dispositivo que permitirá ao cego atravessar um dédalo de ruas e edifícios. Essa pesquisa é, em grande parte, trabalho do Dr. Clifford M. Witcher, êle próprio cego de nascença; o Dr. Witcher é uma eminente autoridade e técnico em Ótica, engenharia elétrica, e em outros campos necessários ao seu trabalho.

Um dispositivo protético que parece promissor, mas que ainda não foi objeto de nenhum desenvolvimento efetivo ou crítica final, é o pulmão artificial, em que a ativação do motor respiratório dependerá de sinais, elétricos ou mecânicos, dos músculos, debilitados mas não destruídos, do paciente. Nesse caso, a realimentação normal na medula e no pedúnculo cerebeloso da pessoa sã será usada mesmo no paralítico para prover o contrôle de sua respiração. Dêsse modo, espera-se que o chamado pulmão de aço não seja mais uma prisão em que o paciente se esqueça de como respirar, mas um exercitador para manter-lhe ativas as faculdades residuais de respiração e mesmo possivelmente para firmá-las gradualmente até o ponto em que êle possa respirar por si mesmo e emergir da maquinaria que o encerra.

Até o momento estivemos discutindo máquinas que, no que respeita ao público em geral, parecem ou partilhar do alheamento característico das preocupações humanas imediatas que é próprio da Ciência teórica, ou serem, explicitamente, auxílios benéficos para os mutilados. Chegamos agora a outra classe de máquinas que possuem algumas possibilidades assaz sinistras. É muito curioso que nessa classe se inclua a máquina automática de jogar xadrez.

Há algum tempo atrás, sugeri uma maneira pela qual se poderia usar a moderna máquina computadora para jogar uma partida pelo menos sofrível de xadrez. Neste trabalho, estou seguindo uma linha de pensamento que tem considerável tradição histórica atrás de si. Poe discutiu uma máquina fraudulenta de jogar xadrez, devida a Maelzel, e a desmascarou: mostrou que era acionada por um aleijado sem pernas colocado no seu interior. Todavia, a máquina que tenho em mente é genuína e tira proveito do recente progresso das máquinas computadoras. É fá-

cil construir uma máquina que seja meramente capaz de jogar xadrez oficial de qualidade muito medíocre; todavia, uma máquina capaz de jogar xadrez perfeito é irrealizável, pois exigiria um número muito grande de combinações. O Professor John von Neumann, do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, comentou essa dificuldade. Contudo, não é fácil, nem é irrealizável, construir uma máquina que, podemos garantir, fará o melhor que se possa fazer durante um número limitado de lances à frente, digamos dois, e depois se deixará ficar na posição que é a mais favorável, de conformidade com algum método mais ou menos fácil de avaliação.

As atuais máquinas computadoras ultra-rápidas podem ser adaptadas para funcionar como máquinas de jogar xadrez, conquanto uma máquina melhor pudesse ser construída, por um preço exorbitante, se decidíssemos pôr nosso empenho nisso. A velocidade dessas modernas máquinas computadoras é suficiente para que possa avaliar cada possibilidade dois lances à frente, no tempo legal de jôgo para um lance. O número de combinações aumenta aproximadamente em progressão geométrica. Dessarte, a diferença entre esgotar tôdas as possibilidades para dois ou para três lances é enorme. Fazer isso numa partida completa, de algo assim como cinqüenta lances, é irrealizável dentro de qualquer limite razoável de tempo. No entanto, para sêres que vivessem o bastante, conforme o demonstrou Van Neumann, tal seria possível; e uma partida jogada com perfeição de parte a parte conduziria, como conclusão antecipada, sempre a uma vitória das Brancas, ou sempre a uma vitória das Pretas, ou, muito provávelmente, sempre a um empate.

O Sr. Claude Shannon, dos Laboratórios da Companhia Telefônica Bell, sugeriu uma máquina no mesmo gênero da máquina de dois lances em que eu havia pensado, mas consideravelmente aperfeiçoada. Para começar, sua avaliação da posição final após dois lances levaria em conta o contrôle do tabuleiro, para a mútua proteção das peças, etc., bem como o número de peças, os xeques e o xeque-mate. Outrossim, se, ao fim de dois lances, a partida se

tornasse instável pela existência de um xeque, ou de uma peça importante em posição de ser tomada, ou de um dilema, o jogador mecânico jogaria automaticamente um ou dois lances à frente até alcançar a estabilidade. O quanto isso atrasaria a partida, encompridando cada lance para além do limite permitido, não sei, embora não esteja convencido de que possamos, com as nossas atuais velocidades, ir muito longe nessa direção sem ver-nos às voltas com problemas de tempo.

Estou pronto a aceitar a conjectura de Shannon de que uma máquina dessas jogaria um xadrez de alto nível amadorístico ou mesmo possivelmente magistral. Seu jogo seria assaz rígido e desinteressante, mas muito mais seguro *que o de qualquer jogador humano*. Conforme assinala Shannon, é possível introduzir bastante casualidade no seu funcionamento para evitar-lhe a constante derrota, de maneira sistemática, por uma dada seqüência rígida de jogadas. Essa casualidade ou incerteza pode ser introduzida na avaliação das posições finais após dois lances.

A máquina jogaria gambitos, e possivelmente finais de partida, como um jogador humano, a partir de um repertório de gambitos e finais padrões. Uma máquina melhor acumularia, em fita gravada, cada partida que tivesse jogado, e suplementaria os processos que já indicamos com uma pesquisa por tôdas as partidas anteriores em busca de algo apropriado; em suma, utilizaria sua capacidade de aprendizagem. Embora já tenhamos visto que se podem construir máquinas aprendizes, a técnica de construção e utilização dessas máquinas é ainda muito imperfeita. Ainda não chegou a hora propícia para a construção de uma máquina de jogar xadrez baseada nos princípios de aprendizagem, conquanto tal hora não esteja provavelmente muito distante.

Uma máquina de jogar xadrez capaz de aprendizagem poderia evidenciar grande amplitude de desempenho, dependendo da qualidade dos jogadores contra os quais tivesse de competir. A melhor maneira de fazer uma máquina magistral seria provavelmente pô-la a enfrentar uma grande variedade de bons jogadores de xadrez. Por outro

lado, uma máquina bem ideada poderia ser mais ou menos arruinada por uma escolha injudiciosa de seus oponentes. Um cavalo é também estragado quando se permite que jóqueis incompetentes o montem.

Na máquina aprendiz, é bom distinguir entre o que a máquina pode e o que não pode aprender. Pode-se construí-la com uma preferência estatística por certa espécie de comportamento, que, não obstante, admite a possibilidade de outro comportamento; ou, então, certas características de seu comportamento podem ser rígida e inalteravelmente determinadas. Chamaremos à primeira espécie de determinação *preferência*, e à segunda espécie *coerção*. Por exemplo, se as regras de xadrez oficial não forem introduzidas numa máquina de jogar como coerções, e se fôr dada à máquina a capacidade de aprender, ela poderá transformar-se, sem que se perceba, de uma máquina de jogar xadrez noutra que execute uma tarefa totalmente diversa. Por outro lado, uma máquina de jogar xadrez com as regras estabelecidas como coerções pode continuar a ser uma máquina aprendiz no que respeita a táticas e sistemas.

O leitor pode perguntar-se por que estamos interessados, afinal, em máquinas de jogar xadrez. Pois não constituem elas apenas uma inofensiva vaidadezinha mercê das quais os especialistas em planificação buscam demonstrar sua proficiência a um mundo que esperam irá ficar boquiaberto e maravilhado diante de suas realizações? Homem honesto que sou, não posso negar que certa dose de narcisismo ostentoso esteja presente em mim, pelo menos. Contudo, como se verá em breve, não é o único elemento ativo no caso, nem o que tem maior importância para o leitor não-profissional.

O Sr. Shannon apresentou algumas razões por que suas pesquisas poderão ter maior importância que a mera construção de uma curiosidade que interesse apenas àqueles que joguem xadrez. Entre tais possibilidades, sugere êle que uma máquina assim poderia ser o primeiro passo para a construção de uma máquina para avaliar situações militares e determinar a melhor providência em qualquer estágio específico. Que ninguém pense esteja êle falando irrefle-

tidamente. O grande livro de von Neumann e Morgenstern acerca da *Teoria dos Jogos* causou profunda impressão no mundo todo e não apenas em Washington. Quando o Sr. Shannon fala no desenvolvimento da tática militar, não está falando em quimeras, mas discutindo uma contingência das mais perigosas e iminentes.

No conhecido jornal de Paris, *Le Monde*, edição de 28 de dezembro de 1948, um frade dominicano, Père Dubarle, escreveu uma resenha muito arguta do meu livro *Cybernetics*. Citarei uma sugestão sua que confirma algumas das terríveis implicações da máquina de jogar xadrez crescida e enfiada dentro de uma armadura.

Uma das mais fascinantes perspectivas assim abertas é a da direção racional dos negócios humanos, e, em particular, daqueles que interessam às comunidades e parecem apresentar certa regularidade estatística, tal como o fenômeno humano da evolução da opinião. Não será possível imaginar uma máquina para coligir este ou aquele tipo de informação, como, por exemplo, informação acerca da produção e do mercado, e depois determinar, como função da psicologia mediana dos seres humanos, e das quantidades que seja possível medir numa determinada instância, qual poderá ser o desenvolvimento mais provável da situação? Não será possível conceber um aparelho estatal que abranja todos os sistemas de decisão política, quer sob um regime de muitos Estados distribuídos pela face da Terra, quer sob o regime aparentemente muito mais simples de um governo humano deste planeta? Atualmente, nada nos impede de pensar nisso. Podemos sonhar com a época em que a *machine à gouverner* venha suprir — para o bem ou para o mal — a atual e óbvia insuficiência do cérebro, quando este se ocupa com a costumeira maquinaria da política.

Seja como for, as realidades humanas não admitem nítida e exata determinação, como o admitem os dados numéricos de computação. Admitem apenas a determinação de seus valores prováveis.

Uma máquina capaz de haver-se com esses processos e os problemas que suscitam, deve, por isso, assumir um pensamento de tipo probabilístico, não determinístico, como o que é exibido por exemplo, pelas máquinas computadoras modernas. Isso faz com que a tarefa se torne mais complicada, mas não impossível.

A máquina de predição que determina a eficácia do fogo de artilharia antiaérea é exemplo disso. Teoricamente, a predição do tempo não é impossível; tampouco o é a determinação da decisão mais favorável, pelo menos dentro de certos limites. A possibilidade de máquinas de jogar, tal como a de jogar xadrez, é considerada como confirmação disso. Pois os processos humanos que constituem o objeto do governo podem ser comparados a jogos, no sentido em que von Neumann os estudou matematicamente. Embora tais jogos tenham um conjunto incompleto de regras, há outros jogos com grande número de jogadores, nos quais os dados são extremamente complexos. As *machines à gouverner* definirão o Estado como o jogador mais bem informado a cada nível específico; e o Estado é o único coordenador supremo de todas as decisões parciais. Estas são enormes privilégios; se forem alcançadas cientificamente, permitirão ao Estado, em todas as circunstâncias, derrotar qualquer outro jogador do jogo humano que não seja ele próprio, propondo-lhe este dilema: ou falência imediata ou cooperação planificada. Tais serão as consequências do próprio jogo excluída violência de fora. Os amantes de mundos melhores terão, em verdade, algo com que sonhar!

A despeito disto tudo, e talvez afortunadamente, a *machine à gouverner* não estará pronta em futuro muito imediato. Pois, afora os seríssimos problemas que o volume de informação a ser coligido e rapidamente processado ainda suscita, os problemas da estabilidade da predição ultrapassam aquilo que possamos seriamente sonhar em controlar. Os processos humanos são comparáveis a jogos com regras incompletamente definidas e, sobretudo, com regras que são funções do tempo. A variação das regras depende tanto das particularidades efetivas das situações engendradas pelo próprio jogo como do sistema de reações psicológicas dos jogadores em face dos resultados obtidos a cada instante.

Pode ser até mais rápida que estes. Um excelente exemplo parece ser dado pelo que ocorreu nas prévias que o Instituto Gallup fez da eleição norte-americana de 1948. Tudo isso não somente tende a complicar a correlação dos fatores que influenciam a previsão, mas talvez a tornar radicalmente estéril a manipulação mecânica de situações humanas. Tanto quanto se possa avaliar, apenas duas condições podem garantir estabilização no sentido matemático do termo. São elas, de um lado, uma ignorância suficiente por parte do grande número de jogadores explorados por um jogador hábil, que pode, ademais, idear um método de paralisar a consciência das massas; ou, de outro

lado, boa vontade bastante para permitir que cada qual, por amor à estabilidade do jogo, submetta suas decisões a um ou a alguns jogadores que tenham privilégios arbitrários. Esta é uma dura lição de fria matemática, mas desta certa luz sobre a aventura de nosso século: hesitação entre uma indefinida turbulência dos negócios humanos e o surgimento de um prodigioso Leviatã. Em comparação com isso, o *Leviatã* de Hobbes não é mais que uma brincadeira divertida. Corremos o risco, atualmente, de um grande Estado Mundial no qual a injustiça primitiva, deliberada e consciente, pode ser a única condição possível para a felicidade estatística das massas: um mundo pior que o inferno para toda mente lúcida. Talvez não fôsse uma má idéia para as equipes que estão presentemente criando a Cibernética acrescentar ao seu *cadre* de técnicos, que procedem de todos os horizontes da Ciência, alguns antropólogos sérios e talvez um filósofo que tenha certa curiosidade pelos negócios mundanos.

A *machine à gouverner* de Père Dubarle não é assustadora devido ao eventual perigo de alcançar o domínio autônomo da Humanidade. É por demais grosseira e imperfeita para exibir um milésimo do comportamento intencional e independente do ser humano. Seu verdadeiro perigo, contudo, é muito diverso — é o de tais máquinas, embora inermes por si mesmas, poderem ser usadas por um ser humano ou por um grupo de seres humanos para aumentar seu domínio sobre o restante da raça humana; ou o de líderes políticos poderem tentar dominar suas populações por meio não das próprias máquinas, mas através de técnicas políticas tão exíguas e indiferentes à possibilidade humana quanto se tivessem sido, de fato, concebidas mecânicamente. A grande fraqueza da máquina — fraqueza que nos salvou até aqui de ser dominados por ela — é a de que ela não pode ainda levar em consideração a vasta faixa de probabilidades que caracteriza a situação humana. A dominação da máquina pressupõe uma sociedade nos últimos estágios de entropia crescente, em que a probabilidade é insignificante e as diferenças estatísticas entre os indivíduos nulas. Felizmente, ainda não alcançamos esse estado.

Mesmo, porém, sem a máquina estatal de Père Dubarle, já estamos desenvolvendo novos conceitos de guer-

ra de conflito econômico, e de propaganda com base na *Teoria dos Jogos*, de von Neumann, que é, ela própria, uma teoria da comunicação, conforme os progressos da década de 1950 já evidenciaram. Essa teoria dos jogos, conforme eu disse num capítulo anterior, constitui uma contribuição para a teoria da linguagem; no entanto, existem departamentos do Governo empenhados em aplicá-la a propósitos agressivos e defensivos, militares e semimilitares.

Em essência, a teoria dos jogos se baseia num arranjo ou coalizão de jogadores, cada um dos quais se empenha em desenvolver uma estratégia para levar a cabo seus intentos, pressupondo que seus antagonistas, tanto quanto êle próprio, estejam adotando a melhor tática para alcançar a vitória. Esse grande jôgo já está sendo realizado mecanisticamente e numa escala colossal. Conquanto a filosofia que o fundamenta não seja provávelmente aceitável para nossos atuais oponentes, os comunistas, há fortes indícios de que suas possibilidades já estão sendo estudadas na Rússia, bem como aqui, e que os russos, não satisfeitos em aceitar a teoria conforme a apresentamos, concebivelmente a aprimoraram em alguns aspectos importantes. Em particular, grande parte do trabalho, embora não todo êle, que temos realizado no tocante à teoria dos jogos baseia-se no pressuposto de que tanto nós como nossos oponentes temos capacidades ilimitadas e de que as únicas restrições dentro das quais trabalhamos dependem daquilo que podemos chamar de cartas que nos foram dadas ou posições visíveis no tabuleiro de xadrez. Há considerável soma de indícios, mais de fatos que de palavras, de que os russos complementaram essa atitude perante o jôgo mundial levando em conta os limites psicológicos dos jogadores, e especialmente sua fatigabilidade, como parte do próprio jôgo. Uma espécie de *machine à gouverner* está, pois, básicamente em operação, hoje, em ambos os lados do conflito mundial, malgrado não consista, em nenhum dos casos, de uma única máquina a determinar a tática, mas antes de uma técnica mecanística que se adapta às exigências de um grupo de homens maquinais devotados ao estabelecimento da orientação política.

Père Dubarle chamou a atenção dos cientistas para a crescente mecanização militar e política do mundo como um grande aparelho sôbre-humano funcionando de acôrdo com princípios cibernéticos. A fim de evitar os múltiplos perigos disso, tanto externos como internos, tem êle razão em acentuar a necessidade da cooperação do antropólogo e do filósofo. Por outras palavras, é mister que conheçamos, como cientistas, qual a natureza do Homem e quais os seus propósitos inerentes, mesmo quando devamos usar tal conhecimento como soldados e estadistas; cumpre-nos, outrossim, saber por que desejamos dominá-lo.

Quando afirmo que o perigo da máquina para a sociedade não provém da máquina em si, mas daquilo que o Homem faz dela, estou, na realidade, sublinhando a advertência de Samuel Butler. Em *Erewhon*, êle imagina máquinas incapazes de agir de outra maneira que não seja conquistar a Humanidade utilizando os homens como órgãos secundários. Malgrado isso, não devemos levar muito a sério a antevisão de Butler, porque, em verdade, no seu tempo, nem êle nem ninguém à sua volta podia compreender a verdadeira natureza do comportamento dos autômatos, e suas afirmações são antes incisivas figuras de linguagem que observações científicas.

Nossos jornais vêm exaltando o *know-how** norte-americano desde que tivemos a infelicidade de descobrir a bomba atômica. Existe uma qualidade mais importante do que o *know-how* e não podemos acusar os Estados Unidos de possuírem indevida dose dela. Trata-se do *know-what*, mercê do qual determinamos não apenas como levar a cabo nossos propósitos, mas o que deverão ser. Posso estabelecer a diferença entre ambos por meio de um exemplo. Há alguns anos atrás, um proeminente engenheiro norte-americano adquiriu uma dispendiosa pianola. Tornou-se evidente, ao cabo de uma ou duas semanas, que essa compra não resultava de nenhum interêsse específico pela música executada

* Perícia, proficiência, ou, literalmente, "Saber como". Logo adiante, o A. contrapõe *know-how* a *know-what*, ou seja, "Saber o quê". (N. do T.)

pelo instrumento, e sim de um assoberbante interêsse pelo seu mecanismo. Para êste cavalheiro, a pianola não era um meio de produzir música, mas um meio de propiciar a algum inventor a oportunidade de demonstrar quão habilidoso era no vencer certas dificuldades no tocante à produção de música. É uma atitude estimável num ginasião de segunda série. Deixo ao leitor determinar quão estimável possa ser em alguém de quem dependa todo o futuro cultural do país.

Nos mitos e nos contos de fadas que lemos em criança, aprendemos algumas das verdades mais simples e mais óbvias da vida, tais como as de que, quando se encontra um djim dentro de uma garrafa, o melhor é deixá-lo lá dentro; de que o pescador que implora aos céus, repetidamente, uma dádiva em favor de sua espôsa, acaba exatamente onde começou; de que, se nos forem concedidos três desejos, devemos ser muito cuidadosos com aquilo que iremos desejar. Tais verdades simples e óbvias representam o equivalente infantil da concepção trágica da vida, que os gregos e muitos europeus modernos possuem e que, de certo modo, escasseia nesta terra de abundância.

Os gregos encaravam o ato da descoberta do fogo com emoções assaz contraditórias. Por um lado, o fogo constituía para êles, como para nós, um grande benefício para tôda a Humanidade. Por outro lado, o ter sido o fogo trazido do céu para a terra era um desafio aos Deuses do Olimpo e só podia ser punido por êles como um ato de insolência às suas prerrogativas. Vemos, assim, a grande figura de Prometeu, o portador do fogo, o protótipo do cientista; um herói, mas um herói danado, acorrentado ao Cáucaso, com abutres a lhe roerem o fígado. Lemos os versos vibrantes de Ésquilo nos quais o deus acorrentado conclama todo o mundo sob o sol a testemunhar os tormentos que êle sofre às mãos dos deuses.

O sentido da tragédia é o de que o mundo não é um ninhozinho deleitoso, feito para a nossa proteção, mas um vasto meio ambiente, deveras hostil, no qual só podemos alcançar grandes coisas desafiando os deuses; e de que tal desafio inevitavelmente acarreta sua própria punição.

É um mundo perigoso, em que não existe segurança, a não ser a segurança um tanto negativa da humildade e das ambições reprimidas. É um mundo no qual há punição condigna não apenas para o que peca com arrogância consciente, mas também para aquêle cujo único crime é ignorar os deuses e o mundo que o cerca.

Se um homem imbuído dêsse sentido trágico se acercar não do fogo, mas de outra manifestação de energia primária, como a cisão do átomo, êle o fará trêmulo de mêdo. Não se lançará no caminho que os anjos temem pisar, a menos que esteja preparado para aceitar a punição dos anjos decaídos. Tampouco transferirá calmamente, para a máquina feita à sua imagem, a responsabilidade de sua escolha do bem e do mal, sem continuar a aceitar a plena responsabilidade dessa escolha.

Eu disse que o homem moderno, e especialmente o norte-americano moderno, por mais *know-how* que possa ter, tem muito pouco *know-what*. Aceitará a superior perícia das decisões feitas pela máquina sem indagar muito dos motivos e princípios que as fundamentam. Assim fazendo, êle se colocará, mais cedo ou mais tarde, na situação do pai, no conto de W. W. Jacobs, *A Garra do Macaco*, que ansiara por uma centena de libras e que acabou por ver à sua porta o agente de uma companhia para a qual seu filho trabalhara, estendendo-lhe uma centena de libras como consôlo pela morte do rapaz na fabrica. Ou então, êle o fará à maneira do pescador árabe *dAs Mil e Uma Noites*, que rompeu o Sêlo de Salomão da bôca de uma garrafa que continha o djim irado.

Lembremo-nos de que há máquinas jogadoras tanto do tipo da Garra do Macaco quanto do tipo do Djim Engraffado. Qualquer máquina construída com a finalidade de tomar decisões, se não estiver dotada da capacidade de aprender, terá mentalidade totalmente literal. Ai de nós se deixarmos que decida a nossa conduta, antes que tenhamos prèviamente examinado as leis de seu funcionamento e saibamos com certeza que sua conduta obedecerá a princípios que nos sejam aceitáveis! Por outro lado, a máquina semelhante ao djim, capaz de aprender e tomar

decisões fundadas em seu aprendizado, de modo algum estará obrigada a tomar as decisões que teríamos tomado ou que seriam aceitáveis para nós. Pois o homem que, não ciente disso, atribua à máquina o problema de sua responsabilidade, quer ela seja ou não capaz de aprendizagem, estará atirando sua responsabilidade aos ventos, apenas para vê-la de volta sentada num furacão.

Falei de máquinas, mas não somente de máquinas com cérebros de bronze e músculos de ferro. Quando átomos humanos são arregimentados numa organização que os usa, não em sua plenitude de seres humanos responsáveis, mas como dentes de engrenagem, alavancas e bielas, pouco importa que eles sejam feitos de carne e sangue. *O que seja usado como peça de uma máquina, é, de fato, uma peça dessa máquina.* Quer confiemos nossas decisões a máquinas de metal ou a essas máquinas de sangue e carne, que são as repartições oficiais, os vastos laboratórios, os exércitos e as companhias comerciais e industriais, jamais receberemos respostas certas às nossas perguntas se não fizermos perguntas certas. *A Garra do Macaco* de carne e osso é tão mortífera quanto qualquer coisa feita de ferro ou aço. O djim, que é a figura de linguagem unificadora de toda uma corporação, é tão terrível quando se fôsse uma celebrada invocação.

A hora é muito tardia, e a opção entre o bem e o mal bate-nos à porta.

XI

LINGUAGEM, CONFUSÃO E OBSTRUÇÃO

No Capítulo IV, referi-me a um trabalho muito interessante recentemente realizado pelo Dr. Benoit Mandelbrot, de Paris, e pelo Professor Jacobson, de Harvard, acerca dos vários fenômenos da linguagem, trabalho que inclui, entre outras coisas, a discussão da distribuição ótima da extensão das palavras. Não é minha intenção deter-me nos pormenores desse trabalho no presente capítulo, mas antes expor as conseqüências de certos pressupostos filosóficos adotados por êsses dois autores.

Êles consideram a comunicação como um jôgo jogado, de parceria, por quem fala e por quem ouve, contra as forças de confusão, representadas pelas dificuldades ordinárias de comunicação e por alguns supostos individuos que tentam obstruí-la. Falando de modo literal, a teoria dos jogos de von Neumann, que está implicada no caso, diz respeito a uma equipe que tenta deliberadamente fazer a mensagem passar, e a outra equipe que recorrerá a qualquer estratégia para obstruir a mensagem. Estritamente de acôrdo com a teoria dos jogos de von Neumann, isso significa que elocutor e ouvinte cooperam quanto à política, no pressuposto de que a força obstrutora esteja adotando a melhor política para confundi-los, por sua vez, no pressuposto de que elocutor e ouvinte tenham estado a usar a melhor política até então, e assim por diante.

Em linguagem mais comum, tanto a equipe de comunicação quanto as forças obstrutoras têm liberdade de usar

a técnica de burla para confundir o adversário, e, no geral, tal técnica será usada para evitar que um dos lados possa agir com base num seguro conhecimento da técnica do outro. Ambos os lados recorrerão, então, ao blefe — a força obstrutora para adaptar-se às novas técnicas de comunicação desenvolvidas pelas forças comunicantes, e as forças comunicantes para exceder em astúcia qualquer política já desenvolvida pelas forças obstrutoras. Neste particular, no que respeita ao método científico, a observação de Albert Einstein, que citei anteriormente, é da maior significação. “*Der Herr Gott ist raffiniert, aber boshaft ist Er nicht.*” “Deus pode ser sutil, mas não é maldoso.”

Longe de ser um lugar-comum, esta afirmativa é muito profunda no que respeita aos problemas do cientista. Para descobrir os segredos da Natureza, é mister uma técnica pujante e apurada; podemos todavia esperar uma coisa — que, no concernente à natureza inanimada, qualquer passo avante que possamos dar não será rebatido por uma mudança de política da Natureza, com o propósito deliberado de confundir-nos e frustrar-nos. Pode haver algumas limitações a essa afirmativa no que respeita à natureza viva, pois as manifestações de histeria são amiúde feitas com vistas a uma audiência e com a intenção, frequentemente inconsciente, de mistificá-la. Por outro lado, logo quando parecemos ter dominado uma doença microbiana, o micróbio pode sofrer mutação e mostrar características que, pelo menos, dão a suspeitar que foram desenvolvidas com a intenção deliberada de enviar-nos de volta ao ponto de onde começáramos.

Essas anfractuosidades da Natureza, por mais que possam apoquentar o profissional das ciências da vida, não figuram entre as dificuldades a serem consideradas pelo físico. A Natureza age com honestidade e se, após escalar uma cordilheira de montanhas, o físico discerne outra no horizonte à sua frente, ela não foi ali posta deliberadamente, para frustrar o esforço já feito.

Pode parecer, superficialmente, que mesmo na ausência de uma interferência consciente ou proposital da Natureza, a política do cientista pesquisador deva ser a de tra-

balhar com segurança e de agir sempre de maneira a que mesmo uma Natureza maligna e enganosa não lhe impeça aquisição e traspasse ótimos de informação. Este ponto de vista é injustificado. A comunicação em geral, e a pesquisa científica em particular, envolvem uma boa soma de esforços, mas de esforço útil, e a luta contra duendes que não existem constitui uma dissipação de esforços que deveriam ter sido economizados. Não podemos viver tôda a nossa vida dedicada à Ciência e à comunicação a lutar contra fantasmas. A experiência convenceu radicalmente o físico ativo que qualquer idéia de uma Natureza que seja não apenas difícil de interpretar, que mas resista ativamente à interpretação, não encontra justificação alguma no seu trabalho progressivo, e por isso, para ser um cientista capaz, êle tem de se mostrar cândido, e até mesmo deliberadamente cândido, no pressupor que está lidando com um Deus honesto e que deve fazer-lhe perguntas acêrca do mundo como um homem honesto.

Dessarte, a candidez do cientista, conquanto seja uma adaptação profissional, não é uma deformação profissional. Um homem que se acercasse da Ciência com o ponto de vista de um agente do Departamento de Investigações perderia a maior parte do seu tempo a frustrar ardis que nunca serão armados contra êle, a seguir suspeitos que estariam perfeitamente dispostos a responder a uma pergunta direta, e de modo geral, a brincar de guardas-e-ladrões, jôgo que agora está em moda nos círculos da ciência oficial e militar. Não tenho a menor dúvida de que a atual mentalidade detetivesca dos donos da administração científica seja uma das principais razões da esterilidade de grande parte do atual trabalho científico.

Segue-se, quase por silogismo, que existem outras profissões, além da de detetive, que podem desqualificar, e realmente desqualificam, um homem para trabalho científico mais eficaz, quer por fazê-lo suspeitar de falta de candidez por parte da Natureza, quer por fazê-lo perder a candidez de atitude em relação à Natureza e às perguntas a seu respeito. O soldado é adestrado para encarar a vida como um conflito entre um homem e outro, mas mesmo

êle não está tão adstrito a êsse ponto de vista quanto um membro das ordens religiosas militantes — o soldado da Cruz ou da Foice e do Martelo. Neste caso, a existência de um ponto de vista propagandístico é muito mais importante que a natureza específica da propaganda. Importa pouco que o bando militar em que o indivíduo se aliste seja o de Inácio de Loiola ou o de Lênine, enquanto êle considere mais importante que suas crenças estejam do lado certo do que que sua liberdade e até mesmo sua candidez profissional sejam mantidas. Está incapacitado para os vãos mais altos da Ciência, qualquer que seja a sua vassalagem, na medida em que tal vassalagem seja absoluta. Nos dias de hoje, quando quase tôda fôrça dominante, tanto de direita como de esquerda, exige do cientista conformidade em vez de amplitude de compreensão, é fácil compreender o quanto já sofreu a Ciência e que ulteriores aviltamentos e frustrações da Ciência são de esperar-se no futuro.

Já assinalei que o demônio contra o qual o cientista está lutando é o demônio da confusão, não da malignidade intencional. A concepção de que a Natureza revela uma tendência entrópica é agostiniana, não maniqueísta. Sua incapacidade para levar a cabo uma política agressiva, deliberadamente para derrotar o cientista, significa que suas ações malévolas são o resultado de uma fraqueza de sua natureza, não de um poder especificamente maligno que êle possa ter, igual ou inferior aos princípios de ordem do universo que, por locais e temporários que possam ser, não são muito diversos daquilo que o homem religioso chama de Deus. No Agostinianismo, o negror do mundo é negativo e constitui mera ausência de branco, ao passo que no Maniqueísmo, branco e negro pertencem a dois exércitos opostos, formados em linhas que se defrontam. Há um sutil maniqueísmo emocional implícito em tôda cruzada, em tôda *jihad* , e em tôda guerra do comunismo contra o demônio do capitalismo.

A posição agostiniana tem sido sempre difícil de sustentar. Tende, à menor perturbação, a decompor-se em Maniqueísmo dissimulado. A dificuldade emocional do

Agostinianismo se revela no dilema de Milton no *Paraíso Perdido*: Se o demônio é apenas uma criatura de Deus e pertence a um mundo em que Deus é onipotente, servindo para indicar alguns dos recantos obscuros, perturbadores, desse mundo, a grande batalha entre os anjos decaídos e as forças do Senhor se torna tão interessante quanto uma luta-livre entre profissionais. Para que o poema de Milton possa ter a dignidade de ser algo mais que uma dessas exhibições de gemidos e grunhidos, é mister que se dê ao demônio uma probabilidade de vitória, pelo menos em sua própria opinião, ainda que seja apenas uma probabilidade aparente. As próprias palavras do demônio, no *Paraíso Perdido*, exprimem sua consciência da onipotência de Deus e a inutilidade de lutar contra êle, embora as ações do demônio indiquem que, pelo menos emocionalmente, êle considera essa luta uma afirmação, desesperada mas não inteiramente inútil, dos direitos de suas hostes e dêle próprio. Mesmo o demônio agostiniano deve cuidar-se para não se converter ao Maniqueísmo.

Qualquer ordem religiosa que se baseie no modelo militar sofre a mesma tentação de deixar-se cair na heresia maniqueísta. Adota, como símile para as forças que combate, o de um exército independente que está decidido a vencer, mas que pode, ao menos concebivelmente, ganhar a guerra e tornar-se, êle próprio, a força dominante. Por essa razão, uma ordem ou organização que tal é intrinsecamente inadequada para encorajar, no cientista, uma atitude agostiniana; e, ademais, não tende a atribuir alto valor à límpida honestidade intelectual, na sua escala de valores. Contra um inimigo insidioso, que utiliza ardis, os estratégias militares são permissíveis. Por isso, uma ordem religiosa militar está quase sempre inclinada a atribuir grande valor à obediência, às confissões de fé, e a tôdas as influências restritivas que incapacitem o cientista.

É verdade que ninguém pode falar em nome da Igreja, a não ser a própria Igreja, mas é igualmente verdade que aquêles que estão fora da Igreja podem, e inclusive devem, ter atitudes próprias em relação à organização e às suas exigências. É igualmente verdade que o comunismo,

como força intelectual, é fundamentalmente aquilo que os comunistas dizem que é, mas suas afirmativas têm pretensão obrigatória sobre nós apenas como elementos da definição de um ideal e não como descrição, que nos possa guiar, de uma organização ou movimento específico.

Parece que a concepção do próprio Marx era agostiniana, e que o mal constituía, para êle, antes uma falta de perfeição que uma força autônoma posicionada em luta contra o bem. Não obstante, o comunismo se desenvolveu numa atmosfera de combate e de conflito, e a tendência geral parece ser a de relegar a síntese hegeliana final, para a qual a atitude agostiniana perante o mal é apropriada, a um futuro que, se não é infinitamente remoto, tem ao menos conexão muito atenuada como o que está acontecendo presentemente.

Portanto, no que toca ao presente, e à conduta prática, tanto o campo do comunismo como muitos elementos no campo da Igreja assumem atitudes que são marcadamente maniqueístas. Dei a entender que o Maniqueísmo é uma atmosfera nociva para a Ciência. Por curioso que isso possa parecer, é-o porque constitui atmosfera nociva também para a fé. Quando não sabemos se um fenômeno particular que observamos é obra de Deus ou de Satã, as raízes mesmas de nossa fé são abaladas. É somente sob tal condição que se torna possível fazer uma escolha significativa, intencional, entre Deus e Satã, e essa escolha pode conduzir ao diabolismo, ou (em outra palavras) à feitiçaria. Além disso, somente numa atmosfera em que a feitiçaria seja realmente possível é que a caça às bruxas floresce como atividade significativa. Não é, pois, por acidente, que a Rússia tenha seus Bérias e nós tenhamos os nossos MacCarthys.

Eu disse que a Ciência é impossível sem fé. Com isso, não quero dizer que a fé de que depende a Ciência seja de natureza religiosa ou envolva a aceitação de qualquer dogma dos credos religiosos ordinários; no entanto, sem fé em que a Natureza esteja sujeita a leis, não pode haver Ciência. Quantidade alguma de demonstração poderá jamais provar que a Natureza esteja sujeita a leis, não pode haver Ciência.

mundo, do próximo momento em diante poderá tornar-se algo assim como o jôgo de *croquet* em *Alice no País das Maravilhas*, no qual as bolas são ouriços-cacheiros que saem andando, os arcos soldados que marcham para outra parte do campo, e as regras do jôgo são feitas, a cada instante, por decisão da Rainha. É a um mundo como êsse que o cientista deve conformar-se nos países totalitários, pouco importando que sejam de direita ou de esquerda. A Rainha Marxista é, na verdade, muito arbitrária, e a Rainha Fascista não lhe fica atrás.

O que digo a respeito da necessidade de fé em Ciência é tão verdadeiro para um mundo puramente causal como para um mundo em que reine a probabilidade. Quantidade alguma de observação puramente objetiva e desconexa poderá demonstrar que a probabilidade seja uma noção válida. Para formular em outras palavras a mesma afirmativa, as leis de indução, em Lógica, não podem ser estabelecidas indutivamente. A lógica indutiva, a lógica de Bacon, é antes algo com base em que podemos agir, não algo que possamos provar, e agir com base nela constitui uma afirmação suprema de fé. É neste particular que me cumpre dizer que o dito de Einstein acêrca da direitura de Deus constitui, êle próprio, uma afirmação de fé. A Ciência é um modo de vida que só pode florescer quando os homens têm liberdade de ter fé. Uma fé a que obedeçamos em razão de ordens que nos são impostas de fora não é fé, e uma comunidade que se coloque na dependência de uma pseudo-fé dêsse tipo está destinada a arruinar-se, ao fim e ao cabo, devido à paralisia que a falta de uma Ciência em salutar desenvolvimento lhe imporá.

★

Este livro foi composto e impresso pela

EDIPE

Artes Gráficas

Rua Conselheiro Furtado, 516

SÃO PAULO

7-